



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORDU KENT MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİNDE
KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN ZAMANSAL VE
MEKÂNSAL KARAKTERİNİN BELİRLENMESİ**

MESUT GÜZEL

DOKTORA TEZİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

MESUT GÜZEL

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ORDU KENT MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİNDE KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL KARAKTERİNİN BELİRLENMESİ

MESUT GÜZEL

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 157 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. PERVİN YEŞİL)

Bu çalışma; Kentsel Isı Adası (KIA) etkisinin zamansal ve mekânsal karakterini, Ordu kent merkezi ve yakın çevresi örneğinde incelemeyi amaçlamaktadır. KIA etkisi, kentsel alanlardaki yüzey ve hava sıcaklıklarının çevrelerindeki kırsal alanlara göre daha yüksek olması ile karakterize edilen bir olgudur. Kentleşme ve yapılaşma süreçlerine bağlı olarak gerçekleşen arazi örtüsü değişimi, KIA etkisindeki alanların genişlemesine neden olmaktadır. Üstelik endüstri devriminden bugüne ivmelenen küresel iklim değişikliği, KIA etkisinin kentlerde daha belirgin şekilde hissedilmesine yol açmaktadır.

Araştırma, Ordu kent merkezi ve yakın çevresindeki kırsal alanları kapsamaktadır. Araştırmada temel olarak uzaktan algılama verileri ve coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır. KIA etkisinin zamansal değişiminin ortaya konulabilmesi amacıyla; 2000 yılı için Landsat 7 ETM+, 2013 ve 2023 yılları için Landsat 8 OLI/TIRS uydularından elde edilen termal kızılötesi veriler, Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) haritalarına dönüştürülmüştür. Ardından, AYS tabanlı olarak KIA etkisindeki alanların mekânsal dağılımı ortaya konulmuştur. KIA etkisinin farklı Yerel İklim Bölgeleri arasındaki değişimi irdelenmiştir. Bitki örtüsü ve yapılı çevre indeksleri ile AYS arasındaki korelasyona dayanarak yüzey karakteristiğinin KIA etkisine katkıları değerlendirilmiştir. KIA etkisinin kentsel-kırsal alan gradyanındaki değişimi çoklu dairesel tampon bölge analizi ile değerlendirilmiştir. KIA etkisinin gece ve gündüz zaman dilimleri arasındaki farklılaşma durumu, düşük mekânsal çözünürlükteki MODIS verilerinin Random Forest Regresyon yöntemi kullanılarak yüksek çözünürlüğe getirilmesi ile ortaya konulmuştur. Son olarak; KIA etkisi ile mücadelede önemi yapılan araştırmalarla ispatlanmış olan kentsel park alanlarının serinletici etkileri çeşitli metrikler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bulgular, yapılaşmış alanlar 2000 ile 2023 yılları arasındaki dönemde yaklaşık %65 oranında genişlediğini ve yeni yapılaşma alanlarında AYS bakımından önemli artışlar meydana geldiğini göstermiştir. AYS ortalaması yıllar içinde sürekli olarak artmıştır. 23 yıllık dönemde AYS ortalaması 24.9°C'den 26.9°C'ye çıkarak 2°C yükselmiştir. 2000 yılında araştırma alanının %13.9'una karşılık gelen KIA etkisindeki alanlar, geçen zaman içinde genişleyerek %19.2'lik değere yükselmiştir. KIA etkisinde olan ve olmayan bölgeler arasındaki AYS farkı da yıllar içinde giderek açılmıştır. 2000 yılında iki bölge arasındaki AYS farkı 3.6°C iken 2013 yılında 4.3°C'ye, 2023 yılında ise 4.6°C'ye yükselmiştir. Araştırma alanında, Kentsel Sıcak

Nokta (KSN) oluşumunun görüldüğü başlıca yerler; endüstriyel alanlar, metal çatılar, yapay malzeme kullanılarak oluşturulan halı sahalar, bitki örtüsü oranının düşük olduğu alanlar ve konut bölgeleridir. En yüksek AYS ortalaması 2 numaralı Yerel İklim Bölgesi (YİB-2, 32°C) ve YİB-3'te (31.2°C) görülürken, en düşük AYS ortalaması 23.7°C ile su yüzeylerini temsil eden YİB-17 sınıfında kaydedilmiştir. Araştırma alanındaki AYS değerleri ile bitki örtüsü indeksleri arasında yüksek negatif korelasyon; yapılı çevreye odaklanan spektral indeksler ile AYS arasında ise yüksek pozitif ilişki bulunmaktadır. Kent merkezinden kırsal alana doğru ortalama AYS değerleri azalma eğiliminde iken bitki örtüsü oranı kademeli olarak artmaktadır. Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki ortalama AYS farkı da zaman içinde artmıştır. Ortalama AYS değerleri arasındaki maksimum sıcaklık farkı, 2000 yılında 2.7°C iken 2013'te 5.9°C ve 2023'te 7.2°C olmuştur. Araştırma alanında; gündüz ve gece yüzey sıcaklıkları arasındaki fark yıllar içinde azalmıştır. 2000 yılında gece-gündüz AYS farkı 11.5°C iken 2013 yılında gündüz-gece sıcaklık farkı 10.6°C'ye, 2023 yılında ise 8.5°C'ye gerilemiştir. Gece ve gündüz AYS değerleri kentsel alanlarda belirgin şekilde artma eğilimindeyken kırsal alanlarda nispeten daha düşük AYS seviyeleri görülmüştür.

Sonuç olarak Ordu, kentleşme dinamiklerine bağlı olarak KIA etkisinin giderek daha hissedilir duruma geldiği bir kettir. Çalışmanın sonuçları, Ordu kent merkezi ve yakın çevresi özelinde; yerel yönetimler, bölgede çalışan peyzaj mimarları, şehir plancıları ve politika yapıcılar için önemli bilgiler sunmaktadır. Gerçekleştirilen bu doktora tez çalışması ile Ordu kent merkezi ve yakın çevresini kapsayan bölge için KIA etkisinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumlanma stratejilerinin geliştirilmesi noktasında mekânsal ve zamansal bir referans çerçevesi çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Isı Adası Etkisi, Kentsel-Kırsal Alan Gradyanı, Ordu kenti, Termal Uzaktan Algılama, Yerel İklim Bölgeleri.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE SPATIO-TEMPORAL CHARACTER OF THE URBAN HEAT ISLAND EFFECT IN ORDU CITY CENTER AND ITS SURROUNDINGS

MESUT GUZEL

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

LANDSCAPE ARCHITECTURE

PHD THESIS, 157 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. PERVİN YEŞİL)

This study aims to investigate the spatial and temporal character of the Urban Heat Island (UHI) effect in the case of Ordu city center and its surroundings. The UHI effect is a phenomenon characterised by higher surface and air temperatures in urban areas compared to the surrounding rural areas. Land cover change due to urbanisation and construction processes leads to the expansion of the areas under the UHI effect. Moreover, global climate change, which has accelerated since the industrial revolution, causes the impact of UHI to be felt more obviously in cities.

The study includes Ordu city center and the rural areas in its surroundings. Remote sensing data and geographical information systems were utilised in the study. In order to reveal the temporal change of the UHI effect, thermal infrared data obtained from Landsat 7 ETM+ for the year 2000 and Landsat 8 OLI/TIRS satellites for the years 2013 and 2023 were converted into Land Surface Temperature (LST) maps. Then, the spatial distribution of the areas under the influence of UHI was revealed based on LST. The variation of the UHI effect between different Local Climate Zones (LCZ) was analysed. Based on the correlation between vegetation and built environment indices and LST, the contribution of surface characteristics to the UHI effect was evaluated. The variation of UHI effect in the urban-rural gradient was evaluated by multiple ring buffer zone analysis. The variation of the UHI effect between day and night time periods was revealed by using Random Forest Regression on low spatial resolution MODIS data. Finally, the cooling effects of urban parks, which are considered as an effective tool in mitigating the UHI effect, were evaluated.

The findings show that the built-up areas expanded by approximately 65% in the period between 2000 and 2023 and significant increases occurred in terms of LST in the new built-up areas. The average LST has increased continuously over the years. During the 23-year period, the mean LST increased by 2°C, from 24.9°C to 26.9°C. In 2000, the areas under the influence of UHI, which corresponded to 13.9% of the study area, expanded to 19.2% of the area. The difference in LST between the UHI and non-UHI areas has also gradually widened over the years. In 2000, the difference between the two regions was 3.6°C, while it increased to 4.3°C in 2013 and 4.6°C in 2023. In the research area, the major locations where Urban Hot Spot formation is observed are industrial areas, metal roofs, artificial material artificial turf fields, areas with low vegetation cover and residential areas. The highest average LST values were recorded

in Local Climate Zone (LCZ-2, 32°C) and LCZ-3 (31.2°C), while the lowest average LST value of 23.7°C was recorded in LCZ-17, which represents water bodies. In the study area, there is a high negative correlation between LST values and vegetation indices, while there is a high positive correlation between LST and spectral indices focusing on the built environment. While the average LST values decrease from the urban core to the rural areas, the vegetation cover ratio gradually increases. The difference in mean LST between urban and rural areas has also increased over time. The maximum temperature difference between the average LST values was 2.7°C in 2000, 5.9°C in 2013 and 7.2°C in 2023. In the research area; the difference between day and night surface temperatures has decreased over the years. In 2000, the difference between day and night LST was 11.5°C, whereas it decreased to 10.6°C in 2013 and to 8.5°C in 2023. While the day and night LST values have tended to increase significantly in urban areas, relatively lower LST levels have been observed in rural areas.

As a result, Ordu is a city where the impact of UHI is becoming increasingly noticeable due to urbanisation. The results of the study provide significant information for local administrations, landscape architects working in the region, urban planners and policy makers in Ordu city center and its surroundings. With this doctoral dissertation, a spatial and temporal frame of reference has been drawn for Ordu city center and its surrounding area in terms of reducing the impact of UHI and developing strategies for adaptation to climate change.

Keywords: Land Surface Temperature, Local Climate Zones, Ordu City, Thermal Remote Sensing, Urban-Rural Gradient, Urban Heat Island Effect.

TEŞEKKÜR

Tezin yürütölme sürecindeki değerli rehberliği, sabrı ve bilgi birikimi için danışman hocam Prof. Dr. Pervin YEŞİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Tez çalışması boyunca yapıcı eleştiri ve yönlendirmeleri ile desteklerini eksik etmeyen, Tez İzleme Komitesi'nin değerli üyeleri Prof. Dr. Sevgi YILMAZ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞENGÜR'e katkıları için müteşekkirim. Ayrıca tez savunma sınavı jürisinde yer alan, kıymetli görüş ve önerilerini paylaşarak tez metninin olgunlaşmasına katkı sunan Prof. Dr. Hilal TURGUT'a ve Doç. Dr. Elif ŞATIROĞLU'na teşekkür ederim.

2211/A Yurt İçi Genel Doktora Burs Programı kapsamında tarafıma burs olanağı sağlayarak, doktora eğitimime destek olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin her aşamasında değerli yardımlarını esirgemeyen ve çalışma motivasyonumu diri tutan Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü öğretim üyelerine ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak; tez yazım sürecinde ve tüm akademik yaşamım boyunca yanımda olan, anlayışı ve sevgisi ile güç veren, daima desteğini hissettiren sevgili eşim Elif Gülderen GÜZEL'e sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
ÇİZELGE LİSTESİ	XI
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Problemi.....	2
1.2 Araştırmanın Konusu.....	3
1.3 Araştırmanın Amacı.....	3
1.4 Araştırmanın Önemi.....	4
1.5 Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları.....	5
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1 Küresel İklim Değişikliği.....	6
2.2 Kent İklimi ve Kentsel Isı Adası Etkisi.....	14
2.3 Uzaktan Algılama ve Termal Uzaktan Algılama.....	21
2.4 Yeşil Alanların Serinletme Etkisi.....	27
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
3.1 Materyal.....	30
3.1.1 Ordu İli ve Altınordu İlçesi.....	30
3.1.2 Araştırma Alanı.....	32
3.1.3 Araştırmada Kullanılan Uydu Görüntüleri.....	33
3.1.4 Araştırmada Kullanılan Programlama Dilleri ve Yazılımlar.....	36
3.2 Yöntem.....	36
3.2.1 Yapılaşma ve Bitki Örtüsü Oranındaki Değişimin Ortaya Konulması.....	38
3.2.2 Arazi Yüzey Sıcaklığının (AYS) Hesaplanması.....	39
3.2.2.1 Landsat 8 OLI/TIRS.....	39
3.2.2.2 Landsat 7 ETM+.....	40
3.2.2.3 MODIS.....	41
3.2.3 Arazi Yüzey Sıcaklığı Kullanılarak Kentsel Isı Adası Etkisindeki Alanların Ortaya Konulması.....	41
3.2.4 Kentsel Isı Adası Etkisinin Yerel İklim Bölgeleri (YİB) Sınıflandırma Sistemi Kullanılarak Analiz Edilmesi.....	42
3.2.5 Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Odaklı Spektral İndeksler ile Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi.....	43
3.2.6 Kentsel Isı Adası Etkisinin Kentsel-Kırsal Alan Gradyanındaki Değişiminin Değerlendirilmesi.....	46
3.2.7 Kentsel Isı Adası Etkisinin Gece-Gündüz Arasındaki Değişiminin Değerlendirilmesi.....	46
3.2.8 Parkların Serinletme Etkisinin Belirlenmesi.....	48
3.2.8.1 Uygun Parkların Seçilmesi.....	50
3.2.8.2 Serinletme Etkisi Metrikleri.....	51
3.2.8.3 Parklara İlişkin Fiziksel Metrikler.....	52

3.2.8.4 Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler	58
3.2.9 İstatistiksel Analiz.....	63
3.2.9.1 Tanımlayıcı İstatistiklerin Hesaplanması.....	63
3.2.9.2 Normallik Varsayımının Test Edilmesi	64
3.2.9.3 Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması.....	64
3.2.9.4 Korelasyon Analizi.....	64
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	65
4.1 Yapılaşma ve Bitki Örtüsü Oranındaki Değişim	65
4.2 Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS).....	67
4.3 Kentsel Isı Adası (KIA) Etkisindeki Alanlar	71
4.4 Kentsel Isı Adası Etkisi (KIAE) ile Yerel İklim Bölgeleri (YİB) Arasındaki İlişki	78
4.5 Bitki Örtüsü ve Yapılı Çevre Odaklı Spektral İndeksler ile AYS Arasındaki İlişki	86
4.6 Kentsel Isı Adası Etkisinin Kentsel-Kırsal Alan Gradyanındaki Değişimi	88
4.7 Kentsel Isı Adası Etkisinin Gece ve Gündüz Arasındaki Değişimi	92
4.8 Kent Merkezindeki Parkların Serinletme Etkisi	98
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	113
ÖZGEÇMİŞ	154

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Atmosferik CO ₂ Yoğunluğunun Yıllar İçindeki Değişimi	6
Şekil 2.2	2023 Yılı Yüzey Hava Sıcaklığı Anomali Haritası	7
Şekil 2.3	Günümüzdeki Küresel Sıcaklık Ortalaması Esas Alınarak Oluşturulan Son Buzul Maksimumu (21 Bin Yıl Önce) ve Holosen Ortası (6 Bin Yıl Önce) İçin Modellenmiş Küresel Sıcaklık Anomalileri ve RCP8.5 Senaryosuna Göre 2071-2095 Projeksiyonu	8
Şekil 2.4	Kentlerde Binaların Farklı Yüksekliklerde Olmasından Kaynaklanan Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi.....	15
Şekil 2.5	Kentsel Isı Adası Etkisi	18
Şekil 2.6	Landsat 8 Uydu Platformu.....	24
Şekil 2.7	Kızılötesi Termometre (Solda) ve Termal Kızılötesi Kamera (Sağda)	25
Şekil 3.1	Ordu İline Ait Walter İklim Diyagramı	31
Şekil 3.2	Araştırma Alanının Konumu	32
Şekil 3.3	Araştırma Alanının Topoğrafyası ve Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Sınıfları	33
Şekil 3.4	Araştırmada Takip Edilen Yöntem Akışı	37
Şekil 3.5	NDBI ve Eşikleme İşlemi Sonrası Yapılaşma Durumu	38
Şekil 3.6	Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisinden Sıcaklık Zonlarının ve KIA Etkisindeki Alanların Elde Edilmesi	42
Şekil 3.7	Çalışma Alanının Merkezi Esas Alınarak 30 m Aralıkla Oluşturulmuş Çoklu Dairesel Tampon Bölgeler	46
Şekil 3.8	MODIS Görüntülerinin Ölçeğini Küçültmek İçin Yararlanılan Random Forest (RF) Modelinin Uygulanma Süreci.....	47
Şekil 3.9	Parkların Serinletme Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılacak Parametreler	50
Şekil 3.10	Serinletme Etkisinin Değerlendirildiği Örnek Parklar	51
Şekil 3.11	Örnek Bir Parkın Etrafında 30 m Aralıkla Oluşturulmuş Çoklu Dairesel Tampon Bölgeler.....	52
Şekil 3.12	Ortalama AYS Değerlerinin Örnek Bir Parkın Sınırına Olan Uzaklığa Göre Değişimi	53
Şekil 3.13	Balıkgözü Lens Kullanılarak Fotoğrafların Çekilmesi.....	56
Şekil 3.14	Rayman Pro'da GGO Değeri 0.651 Olan Bir Balık gözü Fotoğraf.....	56
Şekil 3.15	Parklardaki Ağaç Türlerinin Teşhis Edilmesi.....	58
Şekil 3.16	Örnek Bir Park İçin Ağaç Örtüsünün (%) Hesaplanması	60
Şekil 3.17	Ağaçların Göğüs Yüksekliğindeki Gövde Çevresinin Ölçülmesi	61
Şekil 3.18	Göğüs Yüksekliği Çapı (DBH) Ölçüm Standartları	61
Şekil 3.19	Ağaç Boyunun Mobil Uygulama ile Hesaplanması	62
Şekil 3.20	Ağaçlara Olan Yatay Mesafenin Lazer Metre ile Ölçülmesi.....	63
Şekil 4.1	Yapılaşmış Alanların Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	65
Şekil 4.2	Bitki Örtüsü Oranlarının Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	67
Şekil 4.3	Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) Değerlerinin Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	68
Şekil 4.4	AYS Değerlerinin Yıllara Göre Oransal Dağılımı	68
Şekil 4.5	AYS Değerlerindeki Artışların Yeni Yapılaşma Alanları ile İlişkisi	69
Şekil 4.6	AYS Ortalamalarının Yıllara Göre Dağılımı.....	70

Şekil 4.7 Farklı Düzeylerdeki Sıcaklık Zonlarının Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	71
Şekil 4.8 KIA Etkisindeki Alanların Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	72
Şekil 4.9 AYS Ortalamalarının KIA Etkisinde Olmayan ve KIA Etkisindeki Alanlara Göre Dağılımı.....	74
Şekil 4.10 Kentsel Sıcak Noktaların (KSN) Mekânsal Dağılımı.....	77
Şekil 4.11 Kentsel Sıcak Noktalar ve Bitki Örtüsü Oranı İlişkisi.....	77
Şekil 4.12 Yerel İklim Bölgeleri (YİB) ile AYS Değerlerinin 2023 Yılı İçin Mekânsal Dağılımı.....	78
Şekil 4.13 Çalışma Alanındaki Yerel İklim Bölgesi Örnekleri	80
Şekil 4.14 AYS Ortalamalarının YİB Sınıflarına Göre Dağılımı	82
Şekil 4.15 YİB Sınıflarındaki Alanları Oluşturan Sıcaklık Zonlarının Oranları	84
Şekil 4.16 YİB Sınıfları ile AYS Değerlerini Örtüştüren Kesit Hatları	84
Şekil 4.17 AYS Değerlerinin YİB Sınıflarına Göre Değişimini Gösteren Kesitler ..	85
Şekil 4.18 Ortalama AYS Değerleri ile Bitki Örtüsü Oranlarının Kent Merkezinden Uzaklığa Göre Değişimi.....	90
Şekil 4.19 Ortalama AYS ile BO Arasındaki İlişkiyi Gösteren Saçılım Diyagramları	91
Şekil 4.20 Ortalama AYS Değerinden Sapma ile Kent Merkezine Uzaklık Arasındaki İlişki.....	92
Şekil 4.21 Random Forest Modelleri İçin Gerçek Değerler ile Tahmin Değerler Arasındaki Uyum	93
Şekil 4.22 MODIS Verileri ile Random Forest Algoritması Kullanılarak Tahmin Edilen Gündüz ve Gece AYS Değerlerinin Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı	95
Şekil 4.23 YİB Sınıfları ile Gece-Gündüz AYS Değerlerini Örtüştüren Kesit Hatları	96
Şekil 4.24 Gündüz ve Gece AYS Değerlerinin YİB Sınıflarına Göre Değişimini Gösteren Kesitler.....	97
Şekil 4.25 Parkların İlkbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı	98
Şekil 4.26 Parkların Yaz Mevsimindeki Serinletme Performansı	99
Şekil 4.27 Parkların Sonbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı.....	100
Şekil 4.28 Parkların Kış Mevsimindeki Serinletme Performansı	100
Şekil 4.29 Parklara İlişkin Fiziksel Metrikler ile Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler Arasındaki Korelasyon.....	104
Şekil 4.30 Serinletme Etkisi Metrikleri ile Fiziksel Metrikler ve Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler Arasındaki Korelasyon.....	106
Şekil 4.31 Kent Merkezinde Yer Alan Farklı Karakterdeki Alternatif Serinletme Alanları.....	109
Şekil 4.32 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının İlkbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı.....	110
Şekil 4.33 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Yaz Mevsimindeki Serinletme Performansı.....	110
Şekil 4.34 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Sonbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı.....	111
Şekil 4.35 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Kış Mevsimindeki Serinletme Performansı.....	111
Şekil 4.36 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Dört Mevsimdeki Serinletme Aralığı (SA) ve Sıcaklık Düşük Genliği (SDG) Ortalamaları	112

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Araştırmada Kullanılan Uzaktan Algılama Verilerine İlişkin Bilgiler...	34
Çizelge 3.2 Landsat 7 ve Landsat 8 Uydularından Sağlanan Bantlar.....	35
Çizelge 3.3 MODIS/LST Ürünlerine İlişkin Bilgiler	36
Çizelge 3.4 Yerel İklim Bölgeleri Sınıflandırma Sistemi.....	44
Çizelge 3.5 Çalışmada Kullanılan Spektral İndeksler ve Açıklamaları.....	45
Çizelge 3.6 GGO Değerinin Hesaplanmasında Kullanılan Fotoğraf Sayıları	57
Çizelge 4.1 Yapılaşmış Alanların Oransal Değişimi	66
Çizelge 4.2 Yapılaşmış Alanların Büyüklük Bakımından Değişimi	66
Çizelge 4.3 Bitki Örtüsü Oranlarının Yıllara Göre Değişimi	67
Çizelge 4.4 AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler.....	70
Çizelge 4.5 AYS Ortalamalarının Yıllara Göre Farklılaşma Durumunu Gösteren Kruskal-Wallis Testinin Sonucu	70
Çizelge 4.6 Farklı Düzeylerdeki Sıcaklık Zonları ile KIA Etkisindeki Alanların Oranları.....	72
Çizelge 4.7 KIA Etkisindeki Alanların Büyüklük Bakımından Değişimi	73
Çizelge 4.8 KIA Etkisinde Olmayan Alanlar ile KIA Etkisindeki Alanlar Özelinde AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	73
Çizelge 4.9 KIA Etkisinde Olmayan Alanlar ile KIA Etkisindeki Alanlarda AYS Ortalamaları Bakımından Farklılaşma Durumu	73
Çizelge 4.10 YİB Sınıflarının Çalışma Alanındaki Alansal ve Oransal Dağılımı.....	79
Çizelge 4.11 YİB Özelinde AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler.....	81
Çizelge 4.12 AYS Ortalamalarının YİB Sınıflarına Göre Farklılaşma Durumunu Gösteren Kruskal-Wallis Testinin Sonucu	82
Çizelge 4.13 AYS ile Bitki Örtüsü İndeksleri Arasındaki Korelasyon	87
Çizelge 4.14 AYS ile Yapılı Çevre İndeksleri Arasındaki Korelasyon.....	88
Çizelge 4.15 Gündüz ve Gece İçin AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	94
Çizelge 4.16 Parkların Serinletme Etkisi Metriklerinin Mevsimlere Göre Dağılımı	99
Çizelge 4.17 Parklara İlişkin Fiziksel Metrik Değerleri	103
Çizelge 4.18 Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrik Değerleri	104
Çizelge 4.19 Parkların Serinletme Performansı ile Literatürdeki Diğer Araştırma Bulgularının Karşılaştırılması	108
Çizelge 4.20 Parklar ile Alternatif Serinletme Alanlarının Serinletme Performansının Karşılaştırılması	112

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

AYS	: Arazi Yüzey Sıcaklığı
cm	: Santimetre
CR	: Cooling Range
DBH	: Diameter at Breast Height
ha	: Hektar
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
ITOS	: Improved TIROS Operational Satellite
KIA	: Kentsel Isı Adası
KIAE	: Kentsel Isı Adası Etkisi
KSN	: Kentsel Sıcak Nokta
LCZ	: Local Climate Zone
LSI	: Landscape Shape Index
LST	: Land Surface Temperature
m	: Metre
m²	: Metrekare
MODIS	: Moderate resolution Imaging Spectroradiometer
OLI	: Operational Land Imager
QGIS	: Quantum Geographic Information System
RF	: Random Forest
SA	: Serinletme Aralığı
SDG	: Sıcaklık Düşüş Genliği
SUHI	: Surface Urban Heat Island
TDA	: Temperature Drop Amplitude
TIRS	: Thermal Infrared Sensor
UCI	: Urban Cool Island
UHI	: Urban Heat Island
UHIE	: Urban Heat Island Effect
YİB	: Yerel İklim Bölgesi

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yarıdan fazlasına ev sahipliği yapan kentler, küresel iklim değişikliğinin yarattığı olumsuzluklardan en fazla etkilenen alanların başında gelmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun %55'i kentlerde yaşamaktadır ve 2050 yılına kadar bu oranın yaklaşık %70 düzeyine yükselmesi beklenmektedir (Callaghan ve ark., 2020; Nath ve ark., 2021). Kentler, dünya yüzeyinin sadece %3'ünü oluşturmalarına rağmen küresel sera gazı salımının dörtte üçünden sorumludur (Xu ve ark., 2021). Kentlerde yaşayan nüfusun hızla artması sonucunda dünya genelindeki kentsel alanlar 2001 ve 2018 yılları arasındaki süreçte yaklaşık üç katına çıkmıştır (Huang ve ark., 2021). İklim değişikliğinin önemli bir itici gücü durumundaki kentleşme (Xu ve ark., 2021) ve kentsel genişleme olguları, doğal yüzeyleri önemli ölçüde değiştirerek birçok çevresel etkiye neden olmaktadır (Girardet, 2020). Kentleşme yönündeki arazi örtüsü değişimleri; arazi yüzeyinin yansıtma, soğurma ve pürüzlülük gibi özelliklerini değiştirerek yeryüzünün olağan ısı dinamiklerini etkilemektedir (Li ve ark., 2014; Cai ve ark., 2017; Grigoras ve Uritescu, 2019). Kentleşme yönündeki alan kullanımı ve arazi örtüsü değişimleri, yeryüzünün enerji dengesini sıcaklıkların artması yönünde zorladığından, bu durum kendisini Kentsel Isı Adası (KIA) etkisinin oluşumu ile göstermektedir. KIA etkisi; kentlerin sahip olduğu fiziksel ve yapısal özellikler nedeniyle genellikle çevresindeki kırsal alanlara göre yüzey ve hava sıcaklıklarının daha yüksek olması anlamına gelmektedir. Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki bu sıcaklık farkına ek olarak gece ve gündüz yüzey sıcaklıkları arasında da önemli farklar oluşmaktadır. Kentlerdeki geçirimsiz yüzeyler, güneşten gelen ısı enerjisi bitki örtüsü ile kaplı alanlara göre daha fazla emdiği ve bu ısıyı bünyesinde depoladığı için daha fazla ısınmaktadır. Kentsel alanlarda bitki örtüsü yoğunluğu kırsal alanlara oranla daha düşük olduğundan, hava ve yüzey sıcaklıklarını düşürerek serinletici etkisi olduğu bilinen evapotranspirasyon süreçleri daha düşük düzeyde gerçekleşmektedir (Mohammad ve ark., 2019). Isı enerjisi ve yüzey malzemeleri arasındaki bu etkileşime ek olarak kentlerdeki yüksek nüfus yoğunluğu antropojenik ısı üretimine neden olmaktadır. Bina ısıtma ve soğutma sistemleri, sanayi alanlarındaki üretim süreçleri, toplu taşıma ve araç trafiği gibi ilave ısı kaynakları KIA etkisinin ana nedenlerinden biri olarak görülmektedir. KIA etkisinin yoğunlaştığı kentlerde ısı stresinin görülme olasılığı daha yüksek olduğundan bu alanlarda kentsel

ısı adalarının azaltılması ve uyum sağlama stratejilerinin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Gartland, 2010; Stewart ve Oke, 2012). Küresel iklim değişikliği ve KIA etkisiyle etkin bir şekilde mücadele edebilmek için KIA'ların mekânsal ve zamansal değişimlerinin detaylı şekilde analiz edilmesi gerekmektedir (Kim ve Brown, 2021). Gerçekleştirilecek bu çok yönlü analizler; arazi örtüsü değişikliği, arazi yüzey sıcaklığı ve bitki örtüsü karakteristiği gibi pek çok faktörü kapsayacak nitelikte olmalıdır (Liao ve ark., 2017; Yang ve ark., 2021).

1.1 Araştırmanın Problemi

Bu araştırmanın temel problemi; kentleşme ve arazi örtüsü değişikliklerinin KIA etkisindeki alanların mekânsal yayılımını artırması ve artan KIA etkisinin kentlerde pek çok fiziksel, sosyal, ekonomik ve ekolojik sorunlara yol açmasıdır. Bu problemin çözülebilmesi için KIA etkisindeki alanların net şekilde tanımlanması, bu alanların zamansal ve mekânsal dağılımının ortaya konulması gerekmektedir.

Araştırmada yanıt aranan temel sorular şunlardır:

- Ordu kent merkezinde yapılaşmış alanların oranı ne ölçüde artmıştır?
- Ordu kent merkezi ve yakın çevresi ölçeğinde yüzey sıcaklığı ortalamasının son 23 yıldaki değişimi nasıldır?
- KIA etkisindeki bölgelerin alansal büyüklüğü ne ölçüde artmıştır?
- KIA etkisinde olan ve KIA etkisinde olmayan alanlar arasında yüzey sıcaklıkları bakımından fark var mıdır?
- Araştırma alanı içinde KSN oluşumunun en fazla görüldüğü yerler nerelerdir?
- Araştırma alanındaki Yerel İklim Bölgeleri arasında yüzey sıcaklıkları ve KIA oluşumu bakımından farklılık var mıdır?
- Bitki örtüsü ve yapılı çevre ile AYS arasındaki ilişki nasıldır?
- KIA etkisi kentsel-kırsal alan gradyanında anlamlı bir değişim göstermekte midir?
- Araştırma alanındaki gece ve gündüz yüzey sıcaklık farkları son 23 yılda nasıl değişmiştir?

- Ordu kent merkezindeki parklar çevreleri üzerinde serinletici bir etkiye sahip midir?

- Kent merkezindeki parkların hangi özellikleri parkların serinletme etkisi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir?

1.2 Araştırmanın Konusu

Doktora tezi kapsamında yürütülen bu araştırmanın konusu; Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki kentlerinden biri olan Ordu kent merkezi ve yakın çevresindeki kırsal alanlar ölçeğinde, KIA etkisinin mekânsal ve zamansal varyasyonlarının uzaktan algılama tabanlı olarak analiz edilmesidir. Araştırma alanındaki KIA etkisinin karakteristiği ortaya konulduktan sonra kentsel yeşil alan sisteminin önemli bileşenlerinden olan parkların çevrelerindeki kentsel doku üzerindeki serinletici etkileri ele alınmıştır.

1.3 Araştırmanın Amacı

Küresel iklim değişikliği ve KIA etkisiyle etkin bir şekilde mücadele edebilmek için, KIA etkisinde görülen zamansal ve mekânsal varyasyonların detaylı şekilde analiz edilmesi gerekmektedir (Kim ve Brown, 2021). Bu bağlamda çalışmanın temel amacı; Ordu kent merkezi ve yakın çevresinde KIA etkisinin zamansal ve mekânsal karakterinin belirlenmesidir. Buna ek olarak; alt ölçekte, KIA etkisinin yarattığı olumsuz durumları bertaraf etmek ve iklim değişikliğine uyumlanma noktasında açık-yeşil alanlar içinde önemli bir rol üstlenen kentsel parkların serinletici etkilerinin analiz edilmesi çalışmanın bir diğer amacıdır. Bu amaçlar doğrultusunda çalışma kapsamında;

- AYS tabanlı olarak KIA etkisinin yoğunlaştığı alanların mekânsal olarak ortaya konulması,

- KIA etkisi ve alan kullanımı/arazi örtüsü arasındaki ilişkinin Yerel İklim Bölgeleri (YİB) sınıflandırma sistemi kullanılarak analiz edilmesi,

- Bitki örtüsü ve yapılı çevre odaklı spektral indeksler ile AYS ve KIA etkisi arasındaki ilişkinin belirlenmesi,

- KIA etkisinin kentsel-kırsal alan gradyanındaki değişimin değerlendirilmesi,

- KIA etkisinin gece ve gündüz arasındaki mekânsal ve niceliksel değişiminin belirlenmesi,

- Kentsel yeşil alan sisteminin en önemli parçalarından olan parkların, çevrelerindeki alanlar üzerindeki serinletici etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

Çalışma sonucunda; Ordu kent merkezi ve yakın çevresi özelinde KIA etkisinin çok boyutlu mekânsal ve zamansal karakteri ortaya konularak, küresel iklim değişikliğine uyum noktasında etkin stratejilerin geliştirilmesi için rehberlik edileceği düşünülmektedir.

1.4 Araştırmanın Önemi

Dünyanın ve ülkemizin farklı kentleri için KIA etkisinin farklı veri tipi ve yöntemlerle analiz edildiği pek çok lisansüstü tez, makale ve kitap/kitap bölümü çalışması bulunmaktadır. Ancak kentleşmenin ve nüfus artışının hız kazandığı, yapılaşmanın günden güne arttığı Ordu kenti için bu bağlamda daha önce yapılmış sınırlı sayıda çalışma vardır. Küresel iklim değişikliği ve kentleşme ile doğrudan bağlantılı olan KIA etkisi fiziksel, ekonomik, sosyal ve insan sağlığı yönünden pek çok sorunu beraberinde getirmektedir. Nüfusu her geçen yıl artan ve kentsel yayılım alanı giderek genişleyen Ordu kenti; söz konusu problemler ile yakın gelecekte mücadele etmek durumunda kalabilir. İklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar kentsel ısı adalarının etkisiyle daha şiddetli hissedilebileceğinden; kentte yaşayan özellikle yaşlı, çocuk ya da süregelen rahatsızlığı olan hassas gruplar üzerinde önemli sağlık sorunları yaratabilir. En iyimser senaryoda, yaz aylarında kentin büyük bölümünde gündüz ve gece termal konfor düzeyi önemli ölçüde düşebilir. Yapılacak olan bu çalışma ile Ordu kent merkezi ve yakın çevresinde KIA etkisinin zamansal ve mekânsal karakteri ortaya konulacağından ısı adalarının azaltılması noktasında karar vericiler için strateji geliştirme olanağı yaratılacaktır. Geliştirilen stratejiler ve alınan mekânsal kararlar doğrultusunda, ilgili yerel yönetimlerin faaliyete geçmesiyle iklim değişikliğine karşı daha dirençli bir kent tesis edilebilecektir.

1.5 Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Bu doktora tezinde ele alınan araştırmanın mekânsal kapsamı, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Ordu ilinin kent merkezi ve kent merkezinin yakın çevresindeki kırsal bölgeyi içine alan 100 km²'lik alan ile sınırlandırılmıştır. Araştırma alanının neredeyse tamamı Ordu ilinin Altınordu ilçesi sınırlarında yer alırken çok küçük ve kırsal nitelikteki bir bölümü Gülyalı ilçesi ile örtüşmektedir. Araştırma alanı olarak seçilen bölge; araştırmanın amaçları doğrultusunda, KIA etkisinin zamansal ve mekânsal değişiminin net bir şekilde gözlemlenmesine olanak tanımaktadır. Araştırma alanı içinde; yoğun yapılaşmanın görüldüğü kent merkezi, banliyö olarak nitelendirilen seyrek yapılaşmalı geçiş bölgeleri ve tarımsal üretimin gerçekleştirildiği alanlar yer almaktadır. Araştırma alanında, zaman içinde meydana gelen kentsel genişleme, KIA etkisinin mekânsal değişiminin ortaya konulması noktasında oldukça yararlı olmuştur. Tezin mekânsal kapsamı araştırma alanı ile sınırlı olsa da, Türkiye'deki benzer kentleşme ve arazi örtüsü değişim dinamiklerine sahip diğer kentlerdeki duruma da ışık tutacak bir örnek teşkil etmektedir.

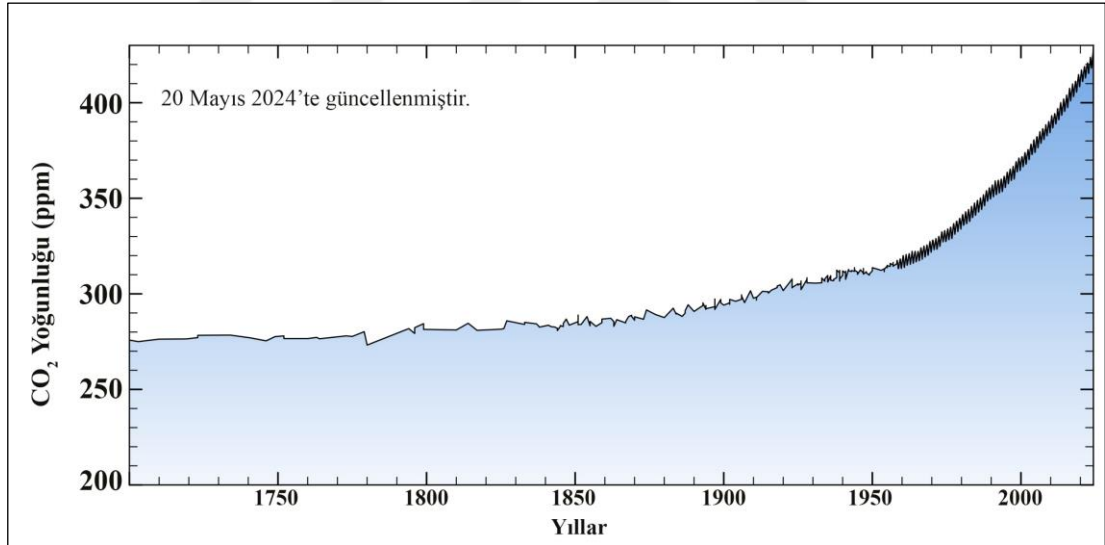
Araştırmanın zamansal kapsamı 2000 ve 2023 yılları arasındaki 23 yıllık dönemdir. Araştırma, KIA etkisinin geçmişten günümüze değişimini ortaya koymakla birlikte doğrudan geleceğe yönelik tahminler yapmayı sağlayan analizleri içermemektedir. Bununla birlikte, çalışmada elde edilen bulgular KIA etkisinin gelecekteki durumuna ilişkin bazı eğilimsel çıkarımlar yapabilmeyi mümkün kılmıştır.

Araştırmada Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularından sağlanan görüntülerden yararlanılmıştır. Bu uydulardan elde edilen termal bantlar kullanılarak yüzey sıcaklıkları hesaplanmış ve haritalandırılmıştır. Bununla birlikte, söz konusu uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğü görece düşük olduğundan kentsel planlama ölçeğinde oldukça iyi sonuçlar verseler de daha detaylı mekânsal çözümlemelere olanak vermemektedirler. Dolayısıyla gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda, termal anlamda daha yüksek mekânsal çözünürlük sunan uydu görüntüleri ya da İnsansız Hava Araçlarındaki (İHA) termal algılayıcılardan sağlanan görüntülerin kullanılması gerekmektedir. Böylece Ordu kent merkezi ölçeğinde, KIA etkisinin ve KSN oluşumlarının daha detaylı bir çözümlemesine gidilebilir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Küresel İklim Değişikliği

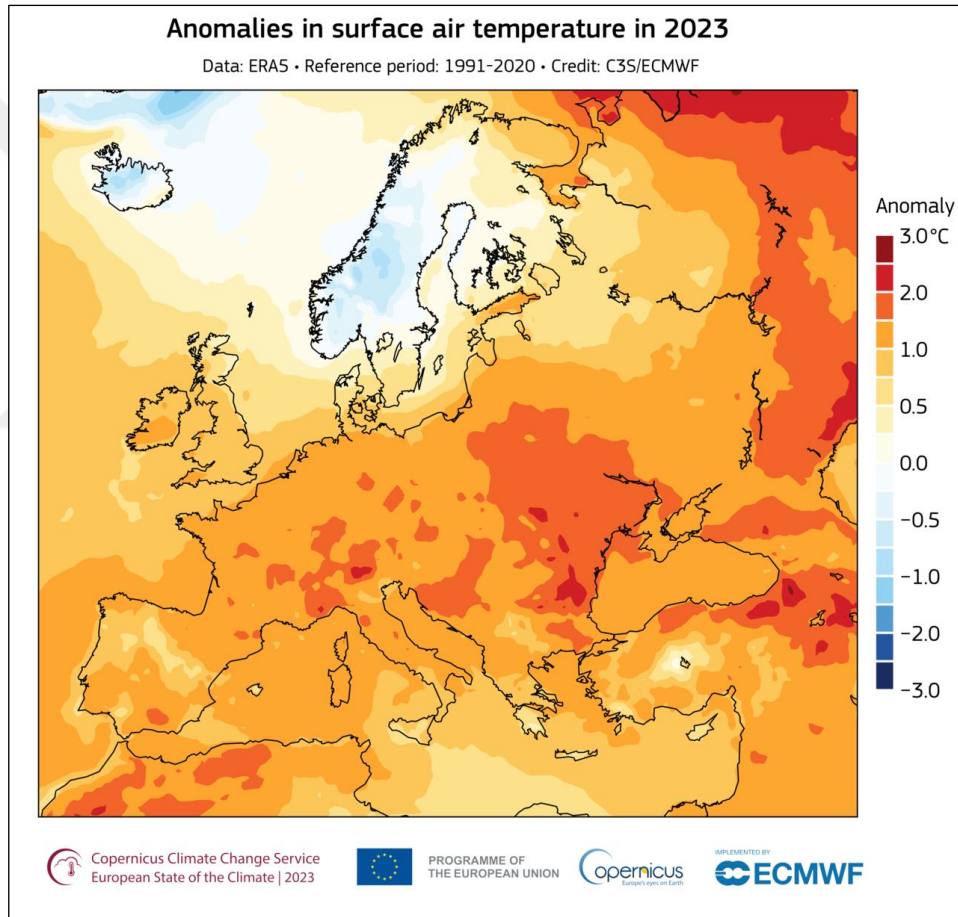
Dünyadaki iklimsel koşulların tarihsel süreç içinde sürekli olarak değiştiği bilinmektedir (Türkeş ve ark., 2000). Bununla birlikte, endüstri devrimi ile birlikte hız kazanan fosil yakıt kullanımı, atmosferin ısınmasını kolaylaştıran sera gazlarının oranını artırmış ve küresel iklimin insan eliyle değiştirilmesi ile sonuçlanmıştır. Özellikle CO₂ (karbondioksit) küresel iklim değişikliğinde önemli bir role sahiptir. Şekil 2.1, 1700 yılından günümüze dek atmosferdeki CO₂ yoğunluğunu ppm (parts per million/milyonda parçacık sayısı) cinsinden göstermektedir. Atmosferik CO₂ yoğunluğu 1800'lü yılların ortalarına kadar 270-280 ppm arasında değişirken endüstri devrimi ile birlikte belirgin şekilde yükselmiş ve günümüzde 400 ppm düzeyi aşılmıştır. CO₂ başta olmak üzere atmosferdeki sera gazlarının diğer gazlar içindeki oranının artmasıyla birlikte küresel iklim değişim belirtileri göstermiştir (McCarthy, 2009; Firtescu ve ark., 2023).



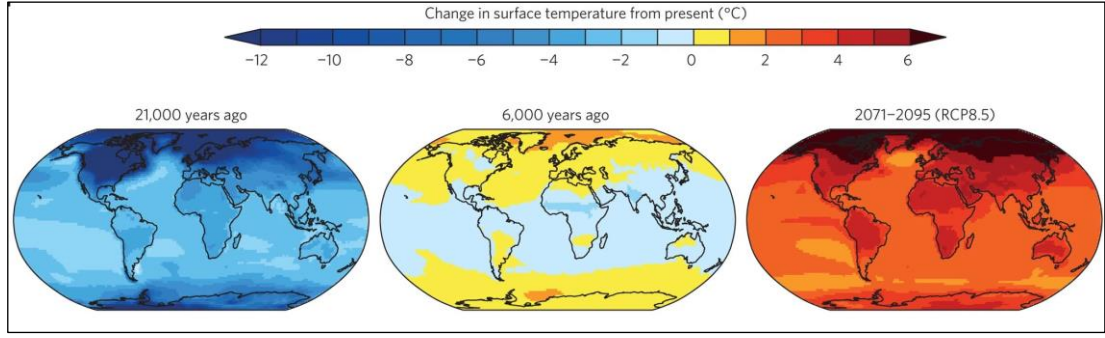
Şekil 2.1 Atmosferik CO₂ Yoğunluğunun Yıllar İçindeki Değişimi (UCSD, 2024)

Değişen iklimsel koşullara bağlı olarak dünya genelinde aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır (Sharma ve ark., 2019). Yüzey ve hava sıcaklığı ortalamalarındaki artış, yağışların zamansal ve mekânsal örüntülerindeki değişimler, sel ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarının sıklığındaki artış iklim değişikliğinin önemli göstergeleridir (Sachindra ve ark., 2016). Şekil 2.2, 1991-2020 yılları arasındaki ortalama hava sıcaklıklarını referans alarak 2023 yılı için sıcaklık anomalilerini

göstermektedir. Copernicus İklim Değişikliği Servisi (CCS) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) işbirliği ile hazırlanan Avrupa İklim Durumu (ESOTC) raporunda yer alan bu harita, iklim değişikliğine bağlı olarak hava sıcaklıklarında meydana gelen artışları gözler önüne sermektedir. Şekilde Ordu kentini de içine alan bölgedeki sıcaklık anomalisinin +1.5 ile +2.0°C arasında olduğu görülmektedir (Şekil 2.2). Şekil 2.3 ise geçmişten geleceğe küresel yüzey sıcaklığı ortalamalarının modellerini göstermektedir. Atmosferik CO₂ konsantrasyonunun 2100 yılına kadar yaklaşık 1370 ppm düzeyine çıkacağını öngören RCP8.5 senaryosuna göre 2071-2095 yıllarındaki olası durumda küresel yüzey sıcaklıkları çarpıcı şekilde artacaktır.



Şekil 2.2 2023 Yılı Yüzey Hava Sıcaklığı Anomali Haritası (ESOTC, 2024)



Şekil 2.3 Günümüzdeki Küresel Sıcaklık Ortalaması Esas Alınarak Oluşturulan Son Buzul Maksimumu (21 Bin Yıl Önce) ve Holosen Ortası (6 Bin Yıl Önce) İçin Modellenmiş Küresel Sıcaklık Anomalileri ve RCP8.5 Senaryosuna Göre 2071-2095 Projeksiyonu (Climate Change Knowledge Platform, 2024)

İnsan faaliyetlerinin iklim değişikliğini ortaya çıkarmak ve bu değişikliği sürdürmek noktasında önemli bir rol oynadığı kabul görmektedir. Yapılan araştırmalar, atmosferik sera gazı yoğunluğunu artıran endüstriyel faaliyetlerin ve sürdürülebilir olmayan uygulamaların iklim değişikliğinin ana nedeni olduğu noktasında hemfikirdir (Bray, 2010; Cook ve ark., 2013; Storch ve Bray, 2017; Karimi ve ark., 2018; Zheng ve ark., 2018). Kentler, yerkürenin yaklaşık %3'lük küçük bir bölümüne yayılmış olsa da iklim değişikliği üzerinde önemli etkilere sahiptir. Küresel iklim değişikliğinin önemli bir kısmı kentlerdeki sera gazı emisyonlarından kaynaklanmaktadır (Masson ve ark., 2020).

Sera gazlarının iklimi değiştirme mekanizmasının anlaşılabilmesi için atmosferi oluşturan gazların bileşimine ve yıllar içindeki değişim oranlarına bakılmalıdır. Dünya'nın atmosferi temel olarak azot (N_2) ve oksijen (O_2) gazlarından oluşmakta olup, bu iki gazın atmosferdeki toplam oranı yaklaşık %99'dur. Azot atmosferin yaklaşık %78'ini, oksijen ise yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır. Argon (Ar), karbondioksit (CO_2) ve eser miktarda metan (CH_4) ve su buharı (H_2O) gibi diğer gazlar ise atmosferin kalan %1'lik bölümünü oluşturmaktadır (Demir ve Yılmaz, 2020). Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksitler (N_2O) ve su buharı (H_2O) gibi sera gazlarının atmosferik bileşimdeki oranının artması iklim değişikliğini meydana getiren en önemli olgulardır (Knapp ve ark., 2014). Sera gazları, güneş radyasyonunun yüzey ve atmosfer sıcaklıkları üzerindeki etkilerini artıran ve birim olarak genellikle CO_2 eşdeğeri (CO_2e) şeklinde ifade edilen gazlardır (Knapp ve ark., 2014). Endüstri devriminden bu yana, fosil yakıtların yoğun kullanımı gibi insan faaliyetleri nedeniyle

CO₂ ve CH₄ gibi sera gazlarının atmosferdeki yoğunluğunda görülen artış, iklimin ısınmasına ve önemli hava değişikliklerine yol açmıştır (Dlamini ve Dube, 2014; Abed, 2020; Tang ve ark., 2020; Nazir ve ark., 2022). İklim değişikliğinin temel nedeni olarak görülen karbondioksit ve diğer sera gazlarının salınımlarının azaltılması için küresel anlamda bütüncül bir çaba sarf edilmektedir (Oliveira ve ark., 2017). Örneğin; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun güvenli kabul edilen aralıkta tutulmasını amaçlamaktadır (Solomon ve ark., 2009). Karbon emisyonu görece daha düşük olan ve yenilenebilir nitelikteki enerji kaynaklarının kullanımı, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Gul ve Chaudhry, 2022). Bu noktada, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi sürdürülebilir kaynakların kullanımı ulusal ve uluslararası arenada teşvik edilmektedir.

Günümüzde iklim, doğanın ve doğada yaşayan canlıların uyum sağlayabilme becerilerini aşacak bir hızda değişmektedir. Dünyanın ortalama sıcaklığında meydana gelen artış doğal ve yapay ekosistemlerin tüm basamaklarındaki olağan döngüleri etkilemektedir. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri çok yönlüdür. İnsan sağlığı, ekosistemler ve sosyo-ekonomik sistemlerin çeşitli yönleri iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin kara ve su ekosistemleri üzerinde pek çok olumsuz ve geri döndürülemez etkileri bulunmaktadır. İklim değişikliği; bitki örtüsü dinamikleri, su kaynakları, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi de dâhil olmak üzere ekosistemlerin çeşitli basamaklarında etkili olmaktadır. Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminde, sıcaklıkta ve diğer iklim değişkenlerinde meydana gelen önemli değişiklikler, ekosistemlerdeki dengeyi bozan temel faktörler olarak tanımlanmıştır (Berdugo ve ark., 2020; Freund ve ark., 2017; Cortés ve ark., 2021; Kussul ve ark., 2021; Shen ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2012; Chen ve ark., 2019; Gacheno ve Amare, 2021; Shi ve ark., 2015; Grimm ve ark., 2013; Strengers ve ark., 2010). Söz konusu değişiklikler, ekosistem yapısı ve işlevi üzerinde etkileri olan yeşillenme (*greening*) ve kahverengileşme (*browning*) eğilimleri gibi bitki örtüsü dinamiklerinde değişimlere yol açmıştır (Piao ve ark., 2019; Cortés ve ark., 2021). Buna ek olarak, iklim değişikliği artan kuraklıkla ilişkilendirilmiş ve bitkilerin üretim

kapasitesi ile mikrobiyal toplulukları etkileyerek besin döngüsünü değiştirmiştir (Berdugo ve ark., 2020).

İklim değişikliği ve bu değişiklik ile bağlantılı risklerin en önemlilerinden biri de biyolojik çeşitliliğin azalmasıdır. Yapılan araştırmalar, iklim değişikliğinin biyoçeşitlilik için önemli bir tehdit oluşturduğunu ve bu olumsuz etkileri azaltmak için acil olarak detaylı eylem planlarının hazırlanması gerektiğini göstermektedir (Bellard ve ark., 2012; Tingley ve ark., 2014). Kapsamlı araştırmaların sonuçlarına göre; bitki ve hayvan türlerinin %10'u ile %70'inin iklim değişikliği nedeniyle yok olma riski altında olup, önümüzdeki 100 yıl içinde binlerce türün neslinin tükeneceği öngörülmektedir (Maclean ve Wilson, 2011; Cahill ve ark., 2013). Güncel tahminlere göre ise, küresel iklim değişikliğinin yavaşlatılamaması durumunda her altı türden birinin nesli tükenme riski altındadır (Urban, 2015). Söz konusu rakamlar, iklim değişikliğinin küresel biyolojik çeşitlilik açısından ne derece önemli bir tehdit oluşturduğunu gözler önüne sermektedir.

İklim değişikliği, biyolojik çeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini hem doğrudan hem de dolaylı olarak tehdit etmektedir (Turner ve ark., 2010). Sıcaklık ve nem artışları, küresel iklim değişikliğinin doğrudan bir sonucu olarak endemik türlerin yok olmasında en önemli etken olarak görülmektedir (Monroy-Gamboa ve ark., 2022). İklim değişikliği hem yerel boyutta tür zenginliğini etkilemekte hem de gezegen ölçeğinde türlerin önemli bir kısmı için yok olma riski oluşturmaktadır (Suggitt ve ark., 2019). Örneğin; biyolojik çeşitlilik açısından önemli sıcak noktalar olarak tanımlanan mercan resifleri, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı en savunmasız alanların başında gelmektedir. Mercan resif ekosistemlerinin sürdürülebilirliği, insan kaynaklı iklim değişikliği nedeniyle önemli düzeyde tehdit altındadır (Couce ve ark., 2013). İklim değişikliği nedeniyle yükseleceği öngörülen deniz seviyesi, kıyı ekosistemleri ve bu ekosistemlerdeki biyoçeşitlilik için önemli bir tehdit durumundadır (Bellard ve ark., 2012).

Aşırı hava olayları ve kuraklık da doğrudan küresel iklim değişikliği ile ilişkilendirilmektedir. Aşırı hava olaylarının sıklığının, yoğunluğunun ve süresinin küresel iklim değişikliğine bağlı olarak arttığı düşünülmektedir (Cann ve ark., 2012). İklim değişikliği kaynaklı olarak sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olayları şiddetini

artırmakta ve daha sık meydana gelmektedir (Ren ve ark., 2017; Tóth ve ark., 2017; Cohen ve ark., 2020). Aşırı sıcak hava koşulları genellikle kuraklık ve su kıtlığına yol açarken bir taraftan da fırtına, sel ve heyelan gibi diğer ekstrem olgulara zemin hazırlamaktadır (Do ve ark., 2021). Sıcak hava dalgaları ve kuraklık gibi aşırı hava olayları, tarımsal üretimi de önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir (Velde ve ark., 2011). Aşırı hava olaylarının sıklığı artan periyotlarda tekrarlanması, bitki bazlı üretimi de olumsuz etkileyerek gıda güvenliği için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Liu ve ark., 2022).

Küresel iklim değişikliği, halk ve birey sağlığını önemli ölçüde etkileyen bir dizi olguyu da beraberinde getirmektedir. Aşırı hava olaylarının daha sık gerçekleşmesi, su ve hava kalitesinin bozulması, bulaşıcı hastalıkların daha kolay yayılması ve gıda kaynaklarının bozulması gibi iklim değişikliği ile yakından ilişkili olan problemler insan sağlığı üzerinde tehdit oluşturmaktadır (Nilsson ve ark., 2012; Roser-Renouf ve ark., 2016; Hefele, 2020; Jegasothy ve ark., 2021). Yapılan çalışmalarda, iklim değişikliği ile bağlantısı bilinen olguların dünya genelinde hastalık ve ölüm oranlarında önemli artışlara neden olduğu gösterilmiştir (Kuehn ve McCormick, 2017; Roeger ve Tavares, 2021).

Bebekler, çocuklar, yaşlılar, gelir düzeyi düşük toplumlar, kronik hastalığı olanlar ve bağışıklık sistemi zayıf olan bireyler, iklim değişikliğine karşı sağlık açısından hassas ve savunmasız grupları oluşturmaktadır (Shea, 2007; English ve ark., 2009; Xu ve ark., 2012; Nabong ve ark., 2021; Meriläinen ve ark., 2021). Sahip oldukları süregelen sağlık sorunları ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı sınırlı adaptasyon kapasiteleri nedeniyle yaşlı bireyler, aşırı hava olaylarından en çok etkilenenler arasındadır (Salma ve ark., 2022). 2005 yılının Ağustos ayında Amerika Birleşik Devletleri'nde meydana gelen Katrina Kasırgası sırasında 1800'ün üzerinde kişi hayatını kaybetmiştir ve bu kayıpların neredeyse yarısını 75 yaşın üzerindeki bireyler oluşturmuştur (Rath ve ark., 2011; Chang ve ark., 2022).

Yaşlılar gibi bebek ve çocuklar da iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı son derece savunmasız durumdadır. Öyle ki, iklim değişikliği ile ilişkilendirilen hastalık yükünün %88'inin çocuklara ait olduğu tahmin edilmektedir (Philipsborn ve Chan, 2018). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak gerçekleşen sıcaklık artışlarının;

erken ya da ölü doğum riskinin artışı ile düşük doğum ağırlığı gibi olumsuz etkilerle bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur (Chersich ve ark., 2020). İklim değişikliğinin çocuk sağlığı üzerinde etkili olması farklı yollarla gerçekleşmektedir. Yetersiz beslenme, bulaşıcı hastalıklar, hava kirliliği, aşırı hava olayları ve su kıtlığı gibi olgular çocuk sağlığı üzerinde son derece olumsuz etkiler taşımaktadır (Philipsborn ve Chan, 2018; Watts ve ark., 2019; Pérez-Escamilla ve Moran, 2022). İklim değişikliğinin çocukların sağlığı üzerindeki etkileri fiziksel sağlık ile sınırlı olmayıp ruh sağlığını da etkilemektedir. Çocukların yıkıcı etkiler gösteren aşırı hava olaylarına maruz kalmaları ve zorunlu göç yaşamaları sonucunda stres ve kaygı düzeylerinin artması gibi travmatik etkiler görülmesi oldukça yaygındır (Helldén ve ark., 2023). Öngörülen iklim değişikliği süreçlerinin, ülkeler arasındaki çocuk sağlığı açısından görülen sosyo-ekonomik eşitsizlikleri daha da artıracığı düşünülmektedir (Perera, 2017).

Değişen iklimsel koşulların su döngüsünü de etkileyerek tarımsal verimlilik açısından önemli sonuçlar doğurabileceği öngörülmektedir (Haazele ve Chishala, 2012; Patle ve Libang, 2014). İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki başlıca etkileri ürün veriminde azalmalar görülmesi, verim düşüklüğüne bağlı olarak ekonomik kayıpların meydana gelmesi ve gıda güvenliğinin tehlikeye girmesidir (Parvin ve Ahsan, 2013; Misra, 2014; Liang ve ark., 2017; Singh, 2019; Manni ve ark., 2020). Yapılan araştırmalar, iklim değişikliğine bağlı sıcaklık ve yağış rejimi değişimlerinin, tarımsal ürün verimliliğini düşürdüğünü göstermiştir (Schlenker ve Roberts, 2009; Liang ve ark., 2017; Singh, 2019). Bununla birlikte, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkisi yalnızca verimlilikle ilgili değildir. Değişen iklim koşullarına bağlı olarak zirai ürünlerin kalitesi düşmekte, ürünleri hasat zamanı ve depolama koşulları da değişmektedir (Tarawneh, 2021). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, iklim değişikliğine uyumun sağlanarak tarımsal verimliliğinin artırılması elzemdir (Smith ve Olesen, 2010).

İklim değişkenliğine bağlı olarak gerçekleşen kuraklık, şiddetli yağmurlar ve geç don gibi aşırı hava olayları tarımsal üretimi doğrudan etkileyerek gıda hammaddesi üretiminde istikarsızlığa yol açtığından küresel gıda güvenliği için önemli bir risk faktörüdür (Yao ve ark., 2011; Drastig ve ark., 2012; Hasanthika ve ark., 2014). Konuyla ilgili yürütülen araştırmalarda; iklim değişikliğinin bazı ülkelerde üretim süreçlerini aksattığı, küresel gıda ticareti ağlarını olumsuz etkilediği ve

doğrudan gıda güvenliğini etkilediği gösterilmiştir (Hedlund ve ark., 2022). Yapılan projeksiyonlara göre, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine bağlı olarak 2050 yılına kadar gıdaya erişiminin azalacağı; küresel ölçekte meyve, sebze ve kırmızı et tüketiminde önemli düşüşler meydana gelebileceği öngörülmektedir (Springmann ve ark., 2016).

Küresel iklim değişikliği ve bu değişikliğin etkilerini konu alan araştırmalar ağırlıklı olarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine odaklansa da literatürde söz konusu değişimlerin potansiyel olumlu etkileri olabileceğini iddia eden çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu iddialardan ilki; küresel iklim değişikliğinin, tarımsal üretim ve dolayısıyla ekonomik kalkınma için yeni üretim sahaları açacağı yönündedir (Ranjitkar ve ark., 2016; Bradford ve ark., 2017; Nidumolu ve ark., 2022). İklim değişikliğinin potansiyel olumlu etkileri arasında sayılan bir diğer konu ise hava sıcaklığı ortalamalarının artışına bağlı olarak bazı bölgelerde ısınma maliyetinin düşeceği yönündedir. Söz konusu bölgelerde kış mevsiminin daha ılıman geçmesi ısınma maliyetlerini ve ekstrem soğuk hava koşullarından kaynaklanan ölüm oranlarını düşürebilir (Hirsch ve ark., 2017). İklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminde meydana gelen değişimler sonucunda bazı bölgelerde su varlığı artabilir ve bu durum tarımsal üretime katkı sağlayabilir (Wang ve ark., 2017). Küresel iklim değişikliğinin dünyanın belirli bölgelerinde yeni ticaret yollarının oluşmasını sağlayacağı ve böylece kaynaklara erişimi artıracığı düşünülmektedir. Özellikle kutuplardaki buzulların erimesi ile Kuzey Denizi Rotası (NSR) gibi yeni nakliye rotalarının açılacağı öngörülmektedir (Bekkers ve ark., 2017). Oluşacak bu ticaret güzergahlarının, daha önce kullanılmamış doğal kaynaklara erişimi artırabileceği ve bazı bölgeler için ekonomik getiri sağlayabileceği düşünülmektedir (Ahmad ve Hossain, 2015). İklim değişikliğinin birtakım olumlu etkileri beraberinde getirebileceğini ifade eden açıklamalar olsa da literatürdeki baskın düşünce iklim değişikliğinin gezegen ölçeğinde olumsuz etkilerinin daha fazla olduğu yönündedir.

Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmek ve bu etkilere uyum sağlamak için uygulanması gereken stratejilerin ortaya konulması ve eylemlerin ivedilikle hayata geçirilmesi önemlidir. İklim değişikliğinin önlenmesi ve mevcut değişimlere uyum sağlanmasında hem bireysel hem de geniş kapsamlı eylemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada özellikle hükümetlerin sorumluluğu oldukça

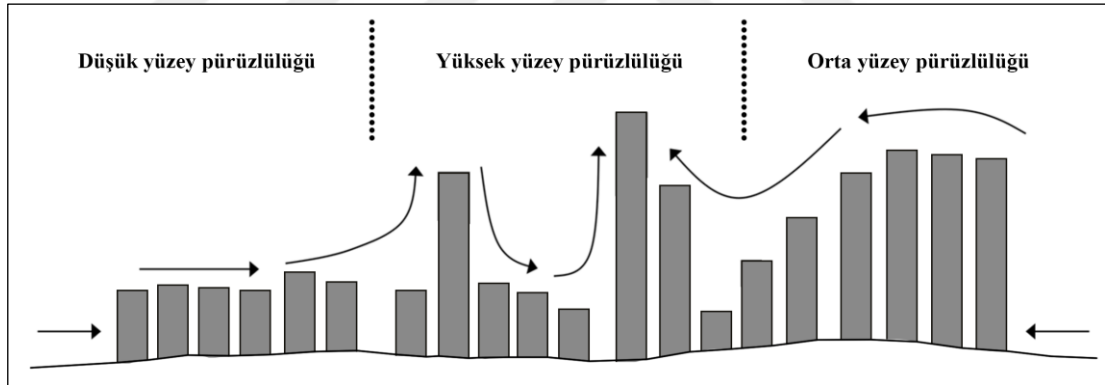
fazladır. Etkili bir uyumun tesis edilebilmesi için iklim değişikliğine uyum eylemlerinin başlatılması ve uygun yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir (Williams ve ark., 2020). Nkiaka ve Lovett (2018); iklim değişikliğine uyum sağlama kültürünün tüm sektörlerle, kurumlara ve devlet organlarına yaygınlaştırılması gerektiğini ifade etmektedir. İklim değişikliği sürecinin belirsizliği karşısında hükümetlerin uyum ortamını oluşturmaları beklenmektedir (Rusnaedy ve ark., 2021).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve Taraflar Konferansı (COP), iklim değişikliğini yavaşlatmak ve olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla bir taraftan sera gazı emisyonuna neden olan unsurların azaltılmasını hedeflerken diğer taraftan karbon yutakları gibi önemli sera gazı tutucularının iyileştirilmesine odaklanmaktadır (Vasilyeva ve ark., 2018). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) her altı ila yedi yılda bir, iklim değişikliği konusundaki bilimsel tabanlı çalışmaların güncel durumuna ilişkin kapsamlı değerlendirme raporları yayımlamaktadır (Dawson ve ark., 2020). Söz konusu raporlar, iklim değişikliği sürecinde bilimsel fikir birliğinin ortaya konulması açısından büyük önem taşımaktadır (Bray, 2010). İklim değişikliğinin çeşitli ekosistem türleri üzerindeki etkilerini detaylandıran bu raporlar, insanlığın konu ile ilgili güncel bilgi birikimini özetlemesi bakımından önemlidir (Thrasher ve ark., 2013; Guo ve ark., 2022).

2.2 Kent İklimi ve Kentsel Isı Adası Etkisi

Kentler kendilerine özgü dinamiklerinin sonucu olarak çevrelerindeki kırsal alana göre farklı iklim koşullarına sahiplerdir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan ve kentleşme yönünde gerçekleşen arazi örtüsü değişimleri kentsel iklim dinamiklerini etkilemektedir (Küçükali, 2021). Kentleşme sürecine bağlı olarak gerçekleşen hızlı nüfus artışı ve kentsel genişleme ile birlikte kent iklimi önemli ölçüde değişmektedir (Kalnay ve Cai, 2003). Kentlerdeki yağış miktarı çevrelerindeki kırsal alanlara göre daha yoğun ancak kısa süreli olma eğilimindedir (Alexander ve Mills, 2014; Agathangelidis ve ark., 2019). Kentsel alanlar bitki örtüsünün nispeten düşük olduğu ve daha yüksek sıcaklıklar ile karakterize edilen alanlar olduklarından nem seviyesi de genellikle daha düşüktür (Oleson ve ark., 2011).

Kentlerin biçimlenişi ya da kentsel geometri de yerel iklim üzerinde etkilidir (Mahmoud ve Ghanem, 2019). Binaların, sokakların ve açık alanların konfigürasyonu; güneş radyasyonunun, rüzgârın ve nemin kent içindeki hareketini etkilemektedir. Kentsel geometri, hava akımlarının kent içindeki dolaşımına izin vererek havalandırmayı kolaylaştırabileceği gibi sirkülasyonu kısıtlayıcı yönde de etki gösterebilmektedir (Shepherd, 2005; Walle ve ark., 2021). Kentlerdeki binaların farklı yüksekliklerde olmasından kaynaklanan yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri (Şekil 2.4) genellikle daha az rüzgâr sirkülasyonuna yol açtığından hava sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Park ve ark., 2017). Dar cadde ve sokaklar, yüksek binalar ve açık alan miktarının düşük olması, kentsel ısıyı ve kirletici materyalleri havada hapsedebilmektedir (Taha, 1997; Arnfield, 2003; Ren ve ark., 2008; Stewart ve ark., 2013; Walle ve ark., 2021; Chiba ve ark., 2022). İklimsel parametreler üzerinde oldukça etkili olan kentsel geometri, iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri geliştirilirken mutlaka dikkate alınması gereken bir konudur (Zhao ve ark., 2017).



Şekil 2.4 Kentlerde Binaların Farklı Yüksekliklerde Olmasından Kaynaklanan Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi (Park ve ark., 2017'den değiştirildi)

Kentler, iklim değişikliğiyle birlikte artması beklenen aşırı hava olaylarına karşı en kırılgan alanların başında gelmektedir (Masson ve ark., 2020). İnsanların büyük çoğunluğunun kentlerde yaşıyor olması ve ekonomik faaliyetlerin büyük oranda kentsel alanlarda toplanmış olması, kentleri iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerine karşı daha hassas duruma getirmektedir (Shi ve ark., 2015; Guerreiro ve ark., 2018). Bununla birlikte, iklim değişikliği kentlerin sahip olduğu spesifik özelliklere bağlı olarak kendisini farklı şekillerde göstermektedir. Yüksek sıcaklık dalgalarının oluşumu (Akbari ve ark., 2015; Weinberger ve ark., 2017; Martínez-Solanas ve ark.,

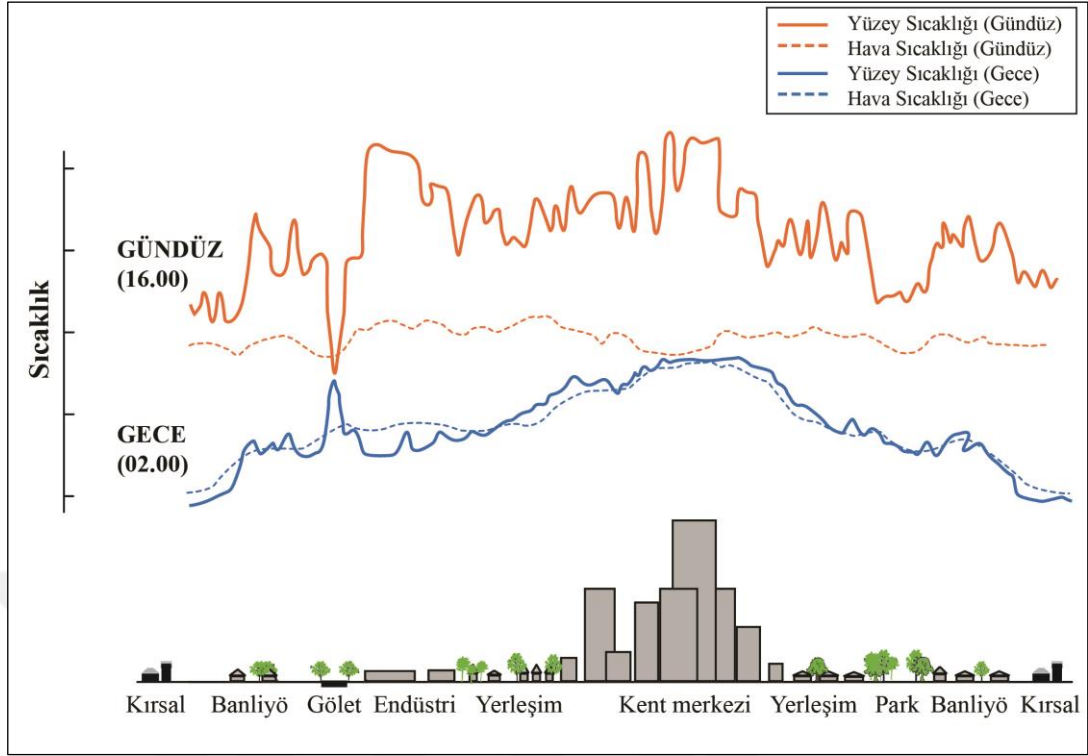
2021), hava kirliliğindeki artış (Kaur ve Pandey, 2021; Li, 2023), kuraklığa bağlı olarak temiz ve içilebilir su temininde yaşanan problemler (Haddeland ve ark., 2013; Becher ve ark., 2023), kentlerin büyük oranda geçirimsiz malzeme ile kaplı olmasından dolayı yağış rejimindeki değişimlere bağlı olarak görülen sel ve taşkınlar (Hettiarachchi ve ark., 2018; Nkwunonwo ve ark., 2019; Sebastian ve ark., 2019) ve enerji tüketiminin artması (Bazazzadeh ve ark., 2021; Cao ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2023) iklim değişikliğinin kentleri ve kentlileri olumsuz yönde etkileme şekilleridir. İklim değişikliği ile bağlantılı aşırı hava olayları; kentsel yapılar, altyapı ve binalar üzerinde yıkıcı etkilere neden olduğundan, buralarda yaşayan insanlar için önemli bir risk faktörüdür (Bilska, 2018). İklim değişikliğine bağlı süreçlerin özellikle tarihi doku içindeki binaların malzeme dayanımında azalmaya yol açabileceği düşünülmektedir (Angın ve ark., 2019). İklim değişikliğinin kentlerdeki olumsuz etkileri yalnızca fiziksel boyutla sınırlı değildir. Aşırı hava olayları sırasında kentlerdeki su ve kanalizasyon altyapısının zarar görmesi ile ishal salgını gibi önemli sağlık sorunları arasında güçlü bir bağlantı olduğu görülmüştür (Morrow ve Bowen, 2014).

Canlı bir organizmaya benzer şekilde kentler de bünyelerinde gerçekleştirilen metabolik faaliyetler sonucunda antropojenik ısınmaya katkıda bulunurlar (Chang ve ark., 2021). Enerji tüketimi, endüstriyel faaliyetler ve kent içi ulaşım gibi insan kaynaklı etkinlikler sonucunda açığa çıkan antropojenik ısı, kentsel iklimi önemli ölçüde etkileyerek ısınmanın boyutunu artırmaktadır (Oleson ve ark., 2011; Demuzere ve ark., 2017). Yerküre üzerindeki insan popülasyonunun yoğunlaştığı kentler, antropojenik ısı üreten faaliyetler nedeniyle yüksek miktarda ısıya maruz kalmaktadır (Zhan ve ark., 2022). Açığa çıkan bu fazla ısının kentsel ortama salınması, insan ölçeğinde hissedilebilir ısıya katkıda bulunarak kentsel iklim süreçlerini olumsuz etkilemektedir. Kentlerdeki temel antropojenik ısı kaynakları; bina ısıtma/soğutma ve havalandırma sistemleri, motorlu taşıt trafiği, insan metabolizmasından kaynaklanan ısı ve endüstriyel faaliyetlerdir (Morales-Solís ve ark., 2021; Karamanev, 2022; Mussetti ve ark., 2022; Mandal ve Subbaiyan, 2023). Özellikle hava sıcaklığı ortalamalarının yüksek olduğu yaz aylarında klima gibi iklimlendirme araçlarının yoğun olarak kullanılması, kentler ölçeğinde büyük miktarda ilave ısı yükü oluşturmaktadır (Jin ve ark., 2020). Soğuk iklim kuşağında yer alan kentlerde ise

konutların ısıtılması için yakıtların kullanılması önemli bir ısı emisyonuna neden olmaktadır (Morales-Solís ve ark., 2021).

Kentsel ısı dinamiklerini önemli ölçüde etkileyen bir diğer faktör de yüzey malzemeleridir. Kentleşme sürecinde doğal yüzeylerin çoğunlukla geçirimsiz nitelikteki yapay yüzeylerle değiştirilmesi, atmosfer ve yeryüzü arasındaki ısı alışverişini etkileyerek zemin sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır (Kimura ve Takahashi, 1991; Tang, 2022). Isıyı bünyesinde hapseden ve gözeneksiz kentsel yüzey malzemelerinin daha fazla ısı emdiği ve bu ısının atmosfere geri salınmasını engellediği bilinmektedir (Nath ve ark., 2021). Kentlerde sıklıkla kullanılan asfalt ve beton gibi geçirimsiz malzemeler, doğal yüzeylere göre güneş radyasyonunu daha fazla emerek bünyelerinde daha fazla ısı barındırmaktadır (Oleson ve ark., 2011; Demuzere ve ark., 2017; Silva, 2018). Yine yüksek binalar ve koyu renkli çatılar gibi genellikle geçirimsiz malzemelerden oluşan yapılar ısının kent içinde hapsedilmesini kolaylaştırmaktadır (Prayudha ve ark., 2022). Yüzey malzemelerinin türlerine ek olarak sahip oldukları kalınlık ve iletkenlik gibi termal özellikler de ısı akış döngüsü üzerinde etkili olabilmektedir (Hagentoft ve Pallin, 2020). Geçirimsiz yüzeylerdeki artışa bağlı olarak kentsel çevrenin ısınması KIA etkisini ortaya çıkarmaktadır (Çolakkadıoğlu, 2023).

KIA etkisi (Şekil 2.5), kentsel iklimin en belirgin özelliği olarak kentsel alanlarda çevredeki kırsal alanlardan daha yüksek hava ve yüzey sıcaklıklarının görülmesi olarak tanımlanmaktadır (Oke, 1982; Forman, 1995; Voogt ve Oke, 2003; Buyantuyev ve Wu, 2010; Kleerekoper ve ark., 2012; Hu ve ark., 2019). Kentleri oluşturan geçirimsiz karakterdeki yapısal malzemelerde depolanan ısı, özellikle geceleri açığa çıkarak kentlerde gece sıcaklıklarını yükseltmekte ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkını azaltmaktadır (Levermore ve ark., 2018). Gece ve gündüz sıcaklıklarında görülen bu ilişkiye ek olarak kentsel ve kırsal alanlar arasında da önemli yüzey ve hava sıcaklığı farkları gözlemlenebilmektedir. Söz konusu sıcaklık farkı, kentsel ve kırsal alanın yerleştiği topoğrafik yapıya ve arazi örtüsü karakteristiğine bağlı olarak 10°C'yi bulabilmektedir (European Environment Agency, 2012).



Şekil 2.5 Kentsel Isı Adası Etkisi (Environmental Protection Agency, 2024'ten değiştirildi)

Kentsel ve kırsal alanlar arasında görülen sıcaklık farkı ilk kez Luke Howard tarafından “Kentsel Isı Adası” olarak tanımlanarak literatüre kazandırılmıştır (Howard, 1818). Howard’ın Londra’nın kentsel ve kırsal alanları arasındaki sıcaklık verilerini karşılaştırarak elde ettiği sonuçlar, kentsel klimatoloji ve KIA etkisi çalışmalarının temelini oluşturmuştur (Yong ve Lim, 2020). Londra’nın kent merkezindeki sıcaklık ortalamalarının kentin çevresindeki banliyö alanlarına oranla önemli ölçüde yüksek olduğunun tespit edilmesi KIA etkisinin ilk somut kanıtı olarak kabul edilmektedir (Huo ve ark., 2020; Taleghani ve ark., 2020; Dimitrov ve ark., 2021; Gosteva ve ark., 2021; Coelho, 2022; Vardhu ve Sharma, 2023).

Kentler ve çevrelerindeki kırsal alanlar arasında sıcaklık farkı oluşumunun çeşitli nedenleri vardır. Bunların en önemlileri, yüzeylerin termal özelliklerindeki farklılıklar ve kentlerde buharlaşma oranının düşüklüğüdür (Streutker, 2002). Kentlerde bitki örtüsünün yerini geçirimsiz yüzeylerin alması ve antropojenik ilave ısı üretimi de KIA etkisini ortaya çıkaran diğer faktörlerdir (Oke, 1982; Rizwan ve ark., 2008). KIA etkisi, etkinin gözlemlendiği ve ölçüldüğü noktanın yerden yüksekliğine bağlı olarak atmosferik KIA (Atmospheric UHI - AUHI) ve yüzey KIA (Surface UHI

- SUHI) olarak adlandırılmaktadır (Oke, 1982; Zhou ve ark., 2018). Bununla birlikte literatürdeki çalışmaların büyük bir çoğunluğu yüzey KIA (SUHI) bağlamında gerçekleştirilmektedir.

Kentler ve çevresindeki kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı, kentleşme sürecinin en görünür etkisidir (Heisler ve Brazel, 2010). Kentsel genişleme ve antropojenik ısı akışlarındaki artışla bağlantılı olarak KIA etkisi daha yoğun hissedilmektedir (Masson ve ark., 2020). Isınma yönündeki iklimsel değişimler ve kentleşme nedeniyle yakın gelecekte insanların aşırı yüksek sıcaklıklara maruz kalma olasılığının artacağı beklenmektedir (Vanos ve ark., 2020). KIA etkisinin kentsel alanlarda hastalık ve ölüm oranlarında (Patz ve ark., 2005), enerji tüketiminde (Santamouris ve ark., 2015) ve hatta şiddet olaylarında (O'Loughlin ve ark., 2012) artışlara yol açabileceği düşünülmektedir. Son yıllarda pek çok dünya kentinde kentsel ısı adalarının yoğunluğu hızla artarken buna paralel olarak enerji tüketimi de artmıştır (Roth, 2013). KIA etkisinden kaynaklanan hava sıcaklığı artışları, kentlerde klima gibi iklimlendirme sistemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır (Hassid ve ark., 2000; Santamouris ve ark., 2001; Kaloustian ve Diab, 2015). Yapılan çalışmalar kentlerdeki binaların soğutma yükünün kırsal alanlara göre ortalama %13 daha yüksek olduğunu göstermiştir (Santamouris, 2014). Yapılan bazı modellemelere göre ise KIA etkisinin soğutma amaçlı enerji tüketiminde ortalama %19'luk bir artışa neden olabileceği tespit edilmiştir (Li ve ark., 2019). Soğutma amaçlı enerji tüketiminin artması sera gazı emisyonları üzerinde de önemli artışlara neden olabilmektedir. Örneğin KIA oluşumuna bağlı olarak ısınma artacağından, 2050 yılında Londra kent merkezindeki ofislerin soğutma amaçlı enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu beş kat artıracığı öngörülmektedir (Kolokotroni ve ark., 2012).

KIA etkisine bağlı olarak gerçekleşen sıcaklık artışları termal stres koşulları oluşturduğundan insan sağlığını önemli ölçüde tehdit etmektedir (Tan ve ark., 2010). Bazı araştırmalara göre yüksek sıcaklık sağlık risklerinde, hastalıkların görülme sıklığında ve ölüm oranlarında artışa neden olmaktadır (Tan ve ark., 2006; Smargiassi ve ark., 2009; Basara ve ark., 2010; Martiello ve Giacchi, 2010; Deschenes, 2014; Murage ve ark., 2017). Buechley ve ark., (1972) tarafından yayımlanan çalışmada, ısı adalarının insan sağlığına ve ölüm oranlarına etkisini vurgulamak için ısı adalarından "ölüm adaları" olarak bahsedilmiştir. İtalya'da 2003 yılı yaz mevsiminde ortaya çıkan

sıcak hava dalgası sırasındaki ölümler üzerine yapılan bir araştırmada; kentlerde yaşayanların banliyö ya da kırsal alanlarda yaşayanlara oranla daha yüksek ölüm oranına sahip olduğu gösterilmiştir (Conti ve ark., 2005). Sıcak hava dalgaları, özellikle yaşlılar ve özel gereksinimli birey gruplarında ısı stresini artırmaktadır (McGeehin ve Mirabelli, 2001; Rebetez ve ark., 2009). Isı stresi bireylerde konsantrasyon eksikliği, bitkinlik, su kaybı ve dolaşım bozukluğu gibi çeşitli semptomlarla kendini gösterebilmektedir (Ward ve ark., 2016). KIA etkisinin katkısı ile şiddeti bir şekilde artan yüksek sıcaklıklar; solunum rahatsızlıklarının şiddetlenmesine (Laverdière ve ark., 2015), dolaşım sistemi hastalıklarının kötüleşmesine (Li ve ark., 2018) ve sıcak çarpması gibi sıcağa bağlı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Laaïdi ve ark., 2012; Laverdière ve ark., 2015; Wang ve ark., 2020).

Dünyadaki pek çok kent için KIA etkisine odaklanan çalışmalar yürütülmüş ve sonuçlar bu etkinin varlığını ortaya koymuştur. Başta Pekin (Liu ve ark., 2007; Yang ve ark., 2013), Berlin (Li ve ark., 2018; Vogel ve Afshari, 2020), New York (Shaker ve ark., 2019), Londra (Kolokotroni ve Giridharan, 2008; Giridharan ve Kolokotroni, 2009; Levermore ve Parkinson, 2019) ve Tokyo (Kim ve ark., 2022) gibi dünya kentleri olmak üzere pek çok kentte KIA etkisi farklı yönleri ve boyutlarıyla ele alınmıştır. Ülkemizde de İstanbul (Karaca ve ark., 1995; Ünal ve ark., 2020; Okumus ve Terzi, 2021), İzmir (Erdem ve ark., 2021), Ankara (Yüksel ve Yılmaz, 2008), Eskişehir (Güneş ve ark., 2021), Konya (Canan, 2017), Erzurum (Yılmaz ve ark., 2007) ve Diyarbakır (Koç ve ark., 2022) gibi kentlerde bu konu odağında çalışmalar yürütülmüştür. Dihkan ve ark., (2018) yürütmüş oldukları çalışmada ise İstanbul, Bursa, Ankara, İzmir, Gaziantep, Erzurum ve Trabzon olmak üzere Türkiye'nin yedi farklı kenti için KIA etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Erzurum kentinde yürütülen bir araştırmada (Yılmaz ve ark., 2007) çeşitli iklimsel parametrelerin kentsel ve kırsal alanlar ile kent ormanları arasındaki farklılıkları irdelenmiştir. Çalışmada kentsel alandaki ortalama sıcaklık değerinin, kırsal alan ve kentsel orman alanlarından sırasıyla 1.7 ve 0.7°C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İzmir örneğinde yürütülen bir başka çalışmada (Erdem ve ark., 2021) ise kentlerdeki yol ağlarının fiziksel biçimlenişi ile KIA etkisi arasındaki potansiyel ilişki araştırılmıştır. KIA etkisi ile yol ağının bağlantılılık ve merkezilik durumu arasındaki ilişki mekânsal istatistik

yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda yol ağının merkezilik özelliği arttıkça KIA etkisinin yoğunlaştığı ifade edilmiştir (Erdem ve ark., 2021). Koç ve ark., (2022) tarafından Diyarbakır kenti örneğinde yürütülen çalışmada 2001 ve 2019 yılları arasındaki uzaktan algılama verilerine dayanılarak potansiyel KIA alanları ortaya konulmuştur. Çalışmanın kapsadığı yıllar arasında yüzey sıcaklığına göre değişim hızının artışı ile ısı adası potansiyeli oluşumunun da arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Koç ve ark., 2022).

IPCC tarafından yayımlanan 6. Değerlendirme Raporu'nda, yeşil çatılar ve yeşil cepheler, parklar, kent ormanları ve kentsel tarım alanları gibi sürdürülebilir kentsel çözümlerinin KIA etkisini azaltmadaki rolü vurgulanmıştır. Ülkemizde de ilgili kurum ve kuruluşlar KIA etkisinin azaltılması noktasında çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İklim Değişikliği Başkanlığı tarafından yayımlanan, 2024-2030 yılları arasını kapsayan İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı'nda KIA etkisine yer verilmiştir. Raporda, iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen sıcaklık artışlarının ve KIA etkisinin kentleşme süreçleri ile ilişkilendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Raporun devamında, yeşil alanların ve mikroiklimsel açıdan düzenleyici işlev gören ekosistemlerin iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesi durumunda KIA etkisinden korunmanın zorlaşabileceği ifade edilmiştir.

2.3 Uzaktan Algılama ve Termal Uzaktan Algılama

KIA etkisi çalışmalarında yararlanılan en temel yöntemlerin başında uzaktan algılama ve uzaktan algılamanın termal boyutu gelmektedir. Uzaktan algılama tanım olarak, bir nesne ile doğrudan fiziksel temas olmaksızın o nesne hakkında bilgi toplanmasıdır (Gautam ve Mehta, 2015). Daha geniş bir ifade ile uzaktan algılama, uçak ya da gözlem balonları aracılığıyla veya uzaydaki uydu platformları üzerinde yer alan sensörler aracılığı ile dünya yüzeyi ve atmosfer hakkında bilgi edinmek için elektromanyetik spektrumun kullanılması sürecidir (Tang ve Li, 2014). Uzaktan algılama, arazi örtüsünün mekânsal dağılımının çeşitli ölçeklerde haritalanması ve izlenmesi için en etkili araçlardan biri olarak bilinmektedir (Congalton ve ark., 2014). Uzaktan algılamada kullanılan veriler mekânsal nitelikte olduğundan, veri işleme ve görselleştirme aşamaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımını gerektirmektedir (Congedo, 2021). Uzaktan algılama teknolojisinin CBS ile entegre edilmesi; büyük

boyuttaki verilerin depolanması, işlenmesi ve kontrol edilmesi noktasında önemli kolaylıklar sağlayarak iki tekniği bütünleştirmektedir (Habeeb ve Weli, 2021).

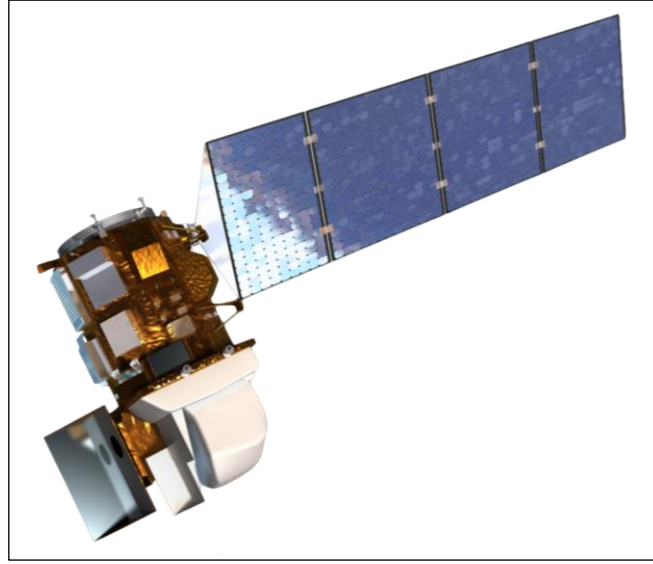
Uzaktan algılama teknolojisinin kullanım alanı oldukça geniştir. Orman ekolojisi ve yönetimi, çevresel kaynak yönetimi ve sulak alan ekolojisi gibi çeşitli alanlarda uzaktan algılamadan yararlanılmaktadır (Amler ve ark., 2015; Lechner ve ark., 2020). Geniş ölçeklerde yürütülen çalışmalarda, hidrolojik modellemede ve arazi örtüsü haritalama gibi çalışmalarda uzaktan algılama en etkili yöntemlerin başında gelmektedir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında, tarımsal verimlilik tahmininde ve kuraklık takibinde de uzaktan algılama veri ve araçları kullanılmaktadır (Khanal ve ark., 2020). Sel ve taşkınlardan kaynaklanan altyapı ve üstyapı hasarının belirlenmesi gibi afet yönetiminin kapsamına giren konularda da uzaktan algılama araştırmacıların elini güçlendirmektedir (Paul ve ark., 2020; Nikolakopoulos ve ark., 2022). Jeoloji de uzaktan algılamanın aktif bir araç olarak kullanıldığı bilim dallarındandır. Potansiyel maden alanlarının ortaya çıkarılması ve diğer yer bilimleri çalışmalarında uzaktan algılama tekniklerinden sıklıkla yararlanılmaktadır (Shirazy ve ark., 2020; Gao ve ark., 2021).

Uzaktan algılama, peyzajın mekânsal ve zamansal değişimini izlemek ve analiz etmek için değerli veriler sağlayarak peyzaj planlamada önemli bir rol oynamaktadır (Athukorala ve ark., 2021). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak elde edilen ve uzun zaman serilerini kapsayan veriler; ekolojik süreçleri izlemek, farklı ölçeklerdeki peyzajları incelemek ve değişimleri analiz etmek için oldukça değerli araçlardır (Yan ve ark., 2020; Stupariu ve ark., 2022). Ayrıca; arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin büyüklüğünü ve mekânsal eğilimini ortaya çıkarma yeteneğine sahip olduğundan, kentsel alan gelişiminin takip edilmesi ve doğal kaynakların izlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır (Onyango ve ark., 2021). Peyzaj desenleri ve peyzaj dinamiğine ilişkin yüksek çözünürlüklü veriler sağlayan uzaktan algılama araçları, peyzaj ekolojisi alanını önemli ölçüde etkilemiştir (Sui ve ark., 2023). Saha verileri ile uzaktan algılama verilerinin bütünleştirilmesiyle üretilen arazi örtüsü haritaları, hem yerel ölçekte hem de peyzaj ölçeğindeki ekolojik süreçler hakkında geniş bir bakış açısı sağlamaktadır (Chraibi ve ark., 2021). Geleneksel uzaktan algılama platformlarının yetersiz kaldığı mekânsal ve zamansal ölçeklerde çevresel süreçleri gözlemlemek için İHA'ların uzaktan algılama süreçlerinde kullanımı son

yıllarda yaygınlaşmıştır (Xiang ve ark., 2019). Bununla birlikte özellikle uydular, geniş alanlar için veri toplamak ve yeryüzünün sürekli bir şekilde izlenmesini mümkün kılarak uzaktan algılamadaki özel yerini korumaktadır (Patino ve Duque, 2013).

Uzaktan algılamada kullanılan ve farklı dalga boylarındaki ışımların bütününe kapsayan elektromanyetik spektrum; görünür ışık, yakın kızılötesi (VNIR), kısa dalga kızılötesi (SWIR), termal kızılötesi (TIR) ve mikrodalga ışıması gibi önemli bantları içermektedir (Tang ve Li, 2014; Klein ve ark., 2021). Termal uzaktan algılama; söz konusu spektrumun termal kızılötesi bölgesine odaklanan ve yeryüzündeki objeler tarafından yayılan ısı enerjisinin, özel sensörler ya da cihazlar aracılığıyla algılanması ve ölçülmesi esasına dayanan bir tekniktir. Termal kızılötesi (TIR) bantları, çeşitli uygulamalar için uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal uzaktan algılama ile elde edilen termal görüntüler; toprak neminin tahmin edilmesi (Zhang ve Zhou, 2016), tarımsal kuraklık araştırmaları (Hu ve ark., 2020; Qin ve ark., 2021), aktif volkan araştırmaları (Coppola ve ark., 2020; Coppola ve ark., 2021), deprem öncesi sıcaklık anomalilerinin belirlenmesi (Zhang ve Meng, 2019; Shah ve ark., 2021) gibi pek çok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Termal uzaktan algılama, dış mekânda termal konforun haritalandırılması amacıyla meteorolojik veriler ile birleştirilerek kullanılabilir. Doğrudan KIA etkisinin ortaya konulmasına odaklanan çalışmalarda da yoğun olarak termal uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılmaktadır (Voogt ve Oke, 2003).

Landsat 8 uydusunun (Şekil 2.6) üzerinde, 100 m çözünürlükte bölünmüş pencere termal kızılötesi kanallarını kullanarak arazi yüzeyini gözlemleyen ve öncekilere kıyasla daha gelişmiş algılama yeteneğine sahip olan Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) algılayıcı yer almaktadır (Du ve ark., 2015). KIA etkisi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan diğer termal uzaktan algılama verileri de Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (MODIS) ve Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AVHRR) görüntüleridir. Bu veriler, yeryüzünün sürekli olarak takip edildiği uygulamalar için günlük olarak üretilen bununla birlikte düşük mekânsal çözünürlüğe sahip olan verilerdir (Zhao ve Wentz, 2016). Daha küçük alanlar için, üzerine termal kamera yerleştirilen İHA'lar ile yaklaşık 2 cm'lik mekânsal çözünürlükte termal görüntüler elde edilebilmektedir (Ferrara ve ark., 2017).



Şekil 2.6 Landsat 8 Uydu Platformu (NASA, 2024)

Yüzey sıcaklığının ölçülmesi kentsel klimatoloji çalışmaları için birincil öneme sahiptir (Voogt ve Oke, 2003). Bu nedenle, KIA etkisini nicel ve mekânsal olarak değerlendirmeye olanak tanıyan en önemli parametre Arazi Yüzey Sıcaklığı'dır (AYS). Yapılan araştırmalar ile AYS parametresinin önemi giderek daha fazla anlaşılmaktadır. AYS; yer yüzeyindeki enerji bütçesini anlamak, arazi örtüsü değişikliklerini izlemek ve Dünya'nın yüzey özelliklerini incelemek için oldukça önemli bir parametredir (Rozenstein ve ark., 2014). Kent ölçeğinde geniş alanlar için AYS verilerinin elde edilmesinde genellikle termal uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Termal uzaktan algılama, AYS'nin mekânsal dağılımının ortaya konulmasına ve bu dağılımın yüzey özellikleriyle ilişkilendirilmesine olanak tanıyan değerli bir araçtır (Tomlinson ve ark., 2011; Zhan ve ark., 2015). Termal uzaktan algılama verilerinden AYS'nin elde edilmesine yönelik farklı metodolojiler geliştirilmiştir (Tang ve Li, 2014). Uydular üzerindeki algılayıcılar, termal kızılötesi aralıktaki yansıma değerlerini termal bantlar aracılığıyla çeşitli zamansal ve mekânsal çözünürlükteki veriye dönüştürmektedir. Uzaktan algılama tabanlı olarak elde edilen veriler çeşitli hesaplama algoritmaları kullanılarak işlenip analiz edilebilmektedir. Termal kızılötesi veriler ve gelişmiş algoritmalar gibi uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı, AYS'nin tahmin ve analizine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Termal kızılötesi veriler sayesinde yüzey yansırılığı ve AYS değerleri doğrudan elde

edilebilirken; topraktaki nem oranı ve arazi yüzeyi evapotranspirasyonu gibi diğer yüzey değişkenleri dolaylı olarak hesaplanabilmektedir (Tang ve Li, 2014).

Arazi yüzey sıcaklığı doğrudan kızılötesi termometreler ya da termal kameralar (Şekil 2.7) aracılığıyla ölçülebilse de bu şekilde elde edilen veriler sınırlı alanları kapsamaktadır. Bununla birlikte; AYS değerleri ve KIA etkisi, termal uzaktan algılama yardımıyla kesintisiz veri formatında mekânsal ve kantitatif olarak ölçülebilmektedir (Weng, 2009). Termal uzaktan algılama ile elde edilen görüntüler, KIA etkisinin yoğunluğunu ve KSN'leri belirlemek için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır (Xian ve ark., 2022). Rao (1972) tarafından gerçekleştirilen araştırma, KIA etkisinin termal kızılötesi uydu görüntüleri kullanılarak belirlendiği ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Çalışmada New York, Washington, Philadelphia ve Baltimore kentleri ile bu kentlerin yakın çevrelerindeki kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı ITOS-1 uydusu üzerinde bulunan kızılötesi radyometre verileri kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmaya kadar yalnızca yersel ölçümler ile varlığı bilinen KIA etkisi ilk defa uzaktan algılama tabanlı olarak ortaya konulmuştur. Uzaktan algılama alanındaki ilerlemeler, KIA etkisi ile ilgili çalışmaların sayısını ve kalitesini önemli ölçüde artırmıştır. Uzaktan algılama tabanlı ilk KIA çalışması 1972 yılında yayımlanmış olsa da, çalışmaların yoğunlaşması ve sayılarının artışı 2005 yılının sonrasına karşılık gelmektedir (Zhou ve ark., 2018).



Şekil 2.7 Kızılötesi Termometre (Solda) ve Termal Kızılötesi Kamera (Sağda) (The New Economy, 2024; Tramex, 2024)

Uzaktan algılama kentlerdeki termal yapıyı çeşitli mekânsal ve zamansal ölçeklerde inceleme olanağı sağlamaktadır (Weng, 2009; Deilami ve ark., 2018). Özellikle Landsat 8 uydusu üzerinde bulunan TIRS (Thermal Infrared Sensor)

algılayıcısı ile elde edilen 100 m mekânsal çözünürlükte termal görüntüler çok sayıda çalışmada kullanılmıştır (Latif, 2014; Guha ve ark., 2018; Kumari ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2021). TIRS algılayıcısı 10.6-11.19 ve 11.5-12.51 mikrometre dalga boyu aralığındaki ışımaları sırasıyla Bant 10 ve Bant 11 olmak üzere 2 bant biçiminde sunmaktadır. Ancak termal bantlardaki veriler sayısal numara (DN, digital number) formatında olduğundan doğrudan termal değerlendirme çalışmalarında kullanılamamaktadır (Yavaşlı, 2019). Termal bantları kullanarak AYS'nin elde edilmesi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları ışıyım transferi denklemi tabanlı yöntem (Yu ve ark., 2014; Chatterjee ve ark., 2017; Sekertekin, 2019), tek pencere algoritması (Qin ve ark., 2001; Zhao ve ark., 2011; Rongali ve ark., 2018), bölünmüş pencere algoritması (Becker ve Li, 1990; Rozenstein ve ark., 2014) ve tek kanal algoritmalarıdır (Coll ve ark., 2012; Wang ve ark., 2019). Bu yöntemlerin ortak özelliği, AYS haritalarının elde edilebilmesi için uydu görüntülerindeki termal bantların belirli matematiksel süreçlere tabi tutulmasıdır. Seçilen yöntemden bağımsız olarak, elde edilen değerler kelvin cinsinden olduğundan genellikle santigrat dereceye dönüştürülerek kullanılmaktadır. Termal uzaktan algılamada uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan bir diğer algılayıcı MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi) algılayıcısıdır (Zhang ve ark., 2010; Tomlinson ve ark., 2012; Wu ve ark., 2019; Cheval ve ark., 2022).

Termal uzaktan algılama verileri kullanılarak KIA etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda, verilerin zamansal ve mekânsal çözünürlüğü, değerlendirmenin doğruluğu açısından önemlidir. Landsat 7 uydusu üzerinde bulunan ETM+ algılayıcısında termal bandın (bant 6) mekânsal çözünürlüğü 60 m olup 30 m'ye yeniden örneklendirilerek son kullanıcıya sunulmaktadır. Landsat 8 uydusu üzerinde bulunan TIRS algılayıcısındaki termal bantların (bant 10 ve 11) mekânsal çözünürlüğü ise 100 m olarak elde edilip 30 m'ye yeniden örneklenir. Her iki Landsat uydusundan elde edilen görüntülerin zamansal çözünürlüğü 16 gündür. Görüntü saati ise yerel saat ile yaklaşık 11:00'dir. Terra ve Aqua uyduları üzerinde yer alan MODIS algılayıcısı ile günün dört farklı saatinde termal görüntüleme yapılabilmektedir. Terra uydusu yerel saat ile yaklaşık 10:30 ve 22:30'da olmak üzere günde iki kez termal görüntü alırken, Aqua uydusu yerel saat ile yaklaşık 13:30 ve 01:30'da görüntü almaktadır.

Ancak Landsat için 100 m olan mekânsal çözünürlük MODIS algılayıcısının verilerinde yaklaşık olarak 1 km'dir. Bu da MODIS termal verilerinin Landsat verilerine göre yaklaşık 10 kat daha kaba çözünürlüğe sahip olduğu anlamına gelmektedir (Stewart ve Mills, 2021). Mekânsal çözünürlüğü nispeten düşük olsa da MODIS algılayıcısı günde 4 termal görüntü sunduğundan zamansal çözünürlük bakımından Landsat'a göre çok daha avantajlıdır. Buna ek olarak Landsat yalnızca gündüz zamanı görüntü alımı yaparken, MODIS gece zamanı da alım yapmaktadır. KIA etkisine odaklanan çalışmalarda yüzey sıcaklıklarındaki gece ve gündüz varyasyonlarının izlenmesi önem taşıdığından MODIS verilerinin kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Zamansal çözünürlük bakımından avantajlı olan MODIS verileri birtakım mekânsal ölçek küçültme ya da alt ölçekleme (spatial downscaling) teknikleri ile istenilen mekânsal çözünürlüğe getirilebilmektedir (Duan ve Li, 2016; Sattari ve ark., 2018; Wang ve ark., 2020). Bu tekniklerin başında Termal Keskinleştirme (TsHARP-Thermal Sharpening) ve Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression-MLR) gibi lineer regresyon tabanlı teknikler ile Rastgele Orman (Random Forest) gibi makine öğrenmesine dayanan teknikler gelmektedir. Wang ve ark., (2020) bu üç farklı tekniğin ölçek küçültme başarısını test ettikleri çalışmada, hata payının en düşük ve model açıklama oranının en yüksek olduğu yöntemin Random Forest (RF) olduğunu tespit etmiştir.

2.4 Yeşil Alanların Serinletme Etkisi

Kentsel yeşil alanlar genellikle daha düşük sıcaklık ve daha yüksek bağıl nem ile karakterize edilen alanlardır (Grilo ve ark., 2020). Bu nedenle, yeşil alanların genel olarak kent içindeki hava ve yüzey sıcaklıkları üzerinde serinletici etkileri olduğu bilinmektedir. Yeşil alanlardaki bitki örtüsü; fotosentez ve terleme olayları sırasında güneşten gelen radyasyon enerjisini soğurduğundan, termal uzaktan algılama ile elde edilen AYS üzerinde de serinletici bir etki göstermektedir (Wong ve Yu, 2005; Bowler ve ark., 2010). Tersine şekilde yeterli miktarda yeşil alan içermeyen yüksek yoğunluklu kentsel alanlarda, daha yüksek yüzey sıcaklık değerleri ile karakterize edilen KIA etkisi yoğunlaşmaktadır (Pierer ve Creutzig, 2019; Xu ve ark., 2018). İklim değişikliği süreçlerine bağlı olarak sıcaklıklarda ve sıcak hava dalgalarının yoğunluğunda meydana gelebilecek artışla birlikte, yeşil alanların sağladığı serinletici etkinin giderek daha önemli duruma geleceği düşünülmektedir (Yan ve ark., 2018).

Yeşil alanların serinletici etkileri, genellikle yeşil alan ile yeşil alanının çevresindeki referans alan arasındaki sıcaklık farkına dayalı olarak hesaplanmaktadır. İki alan arasındaki bu termal kontrast, sıcaklık farkının hesaplanma algoritması ya da araştırma yapılan alanın niteliği veya büyüklüğüne göre pek çok şekilde adlandırılmıştır (Jaganmohan ve ark., 2016). Kentsel serin adalar (Cao ve ark., 2010; Lin ve ark., 2015; Yang ve ark., 2017), park serin adası (Ren ve ark., 2013; Wang ve ark., 2018) ya da yeşil alan serin adası (Du ve ark., 2017) gibi kavramlar yeşil alanlar ile bu alanların çevresindeki referans kentsel alanlar arasındaki sıcaklık farkına işaret etmektedir. Genel olarak yeşil alanların içinde ölçülen AYS değerleri, yeşil alanın dışına göre daha düşük olma eğilimindedir. Ortaya çıkan bu sıcaklık farklılığı söz konusu yeşil alan bir park olduğunda, “Park Serin Adası - Park Cool Island (PCI)” olarak adlandırılmaktadır. Kentsel yeşil alan sisteminin önemli bir parçası olan parklar ve bu parklarda yer alan ağaçlar; gölgeleme ve evapotranspirasyon sağlayarak kentlerde serin adalar oluşturmaktadır. Böylece KIA etkisinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Wang ve ark., 2018; Yan ve ark., 2018; Walle ve ark., 2021; Kollarath ve Sheriff, 2022; Stewart ve ark., 2013). Parkların sağladığı serinletme etkisi parkın içinde uygun termal ortamla sınırlı kalmayarak konveksiyon ve difüzyon yoluyla çevrelerindeki kentsel alanı da etkilemektedir (Yan ve ark., 2018).

Kentsel yeşil alanların ya da parkların, sahip oldukları hangi özelliklerin serinletme olgusu üzerinde etkili olduğu, tartışılan ve halen üzerinde önemli araştırmalar yapılan bir konudur (Jaganmohan ve ark., 2016; Du ve ark., 2017). Parkların fiziksel özelliklerinin ve şekilsel yapılarının serinletme performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma yapılmıştır (Sun ve ark., 2012; Feyisa ve ark., 2014; Jaganmohan ve ark., 2016; Cheng ve ark., 2019; Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023). Yapılan bir araştırmada, parkların biçimsel karmaşıklığı arttıkça ortalama yüzey sıcaklığının azaldığı görülmüştür (Zhou ve ark., 2011). Bununla birlikte; parkların şekilsel karmaşıklığının serinletme etkisi ile ilişkili olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Han ve Cai, 2016). Parkların sağladığı serinletme etkisi ile parktaki bitki örtüsü özellikleri arasında önemli bir ilişkinin varlığına işaret eden araştırmalar bulunmaktadır (Hardin ve Jensen, 2007; Cao ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2011; Gage ve Cooper, 2017; Wang ve ark., 2021). Bu araştırmalar, parkların çevreleri üzerindeki serinletici etkilerinin büyük

oranda ağaç varlığından kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Lee ve ark., 2016). Bununla birlikte; parklardaki bitki örtüsünün hangi özelliklerinin serinletme etkisi üzerinde kesin olarak etkili olduğu konusunda farklı araştırmalarda farklı değişkenler öne çıkmaktadır. Henüz üzerinde fikir birliği sağlanamadığından; park kompozisyonu, bitki örtüsü özellikleri ve parkların sağladığı serinletme etkisi arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Wang ve ark., 2018).



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

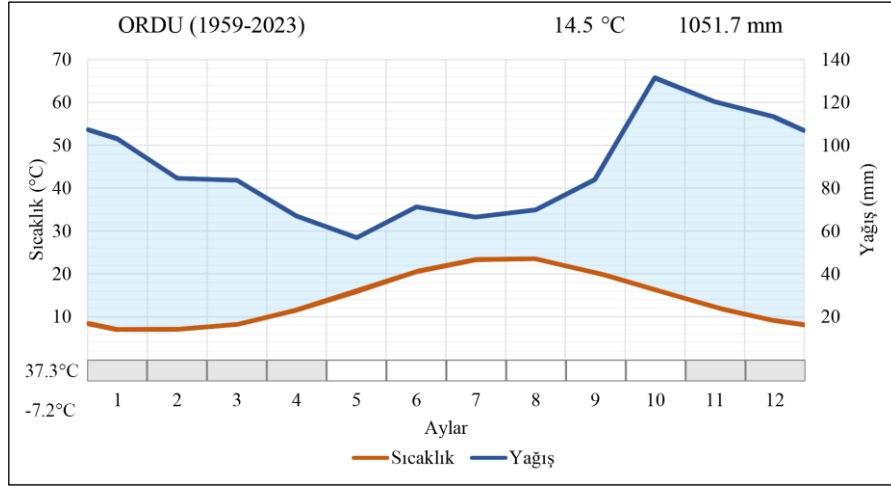
Araştırmanın gerçekleştirildiği çalışma alanına ilişkin bilgiler, araştırmada yararlanılan uydu görüntüleri, veri işlemede ve verilerin analizinde kullanılan yazılımlar vb. materyaller ile çalışmada izlenen yöntem akışı bu bölümde detaylandırılmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Ordu İli ve Altınordu İlçesi

Araştırma alanının içinde yer aldığı Ordu ili; 41°08'/40°20' kuzey ve 36°40'/38°06' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Güneyde Sivas ve Tokat, doğuda Giresun ve batıda Samsun illeri ile komşu olan Ordu'nun kuzeyinde ise Karadeniz yer almaktadır. İlin yüzölçümü yaklaşık olarak 5.952 km²'dir. TÜİK tarafından yayımlanan 2023 verilerine göre ilin toplam nüfusu 775.800'dür. 6447 sayılı ve 22.03.2013 tarihli kanun ile büyükşehir statüsü verilen Ordu ilinin merkez ilçesi olarak kurulan (Anonim, 2021) Altınordu; Ordu iline bağlı olan 19 ilçe arasında nüfus açısından birinci, yüzölçümü açısından ise ikinci büyük ilçe durumundadır. İlçe; güneyde Ulubey ve Kabadüz ilçeleri, batıda Perşembe ilçesi, doğuda ise Gülyalı ve Piraziz (Giresun) ilçeleri ile komşudur. Altınordu ilçesinin nüfusu 2023 yılı itibarıyla 225.349'dur (TÜİK, 2024). Ordu ilinde yaşayanların %29'u Altınordu ilçesinde ikamet etmektedir. İklim değişikliği kaynaklı olumsuzluklardan en fazla etkilenme potansiyeline sahip grupların başında çocuklar ve yaşlılar gelmektedir. İlçede yaşayan ve yaşı 60'ın üzerinde olan yaşlı bireylerin sayısı 37.806 olup bu sayı ilçe nüfusunun yaklaşık %17'sine karşılık gelmektedir. Yaşı 15'in altında olan bebek ve çocukların ilçe nüfusu içindeki oranı ise yaklaşık %13'tür. Dolayısıyla; iklim değişikliği ve KIA etkisinin yaratabileceği olumsuzluklara karşı hassas olan bu gruplar, ilçe nüfusunun %30'unu oluşturmaktadır.

Araştırma alanının içinde yer aldığı Ordu ilinde tipik bir Karadeniz iklimi hâkimdir. Bu iklim tipinde yaz ayları görece serin, kışlar ise kıyı bölgelerde ılık, yüksek rakımlarda soğuk ve karlı geçmektedir. Bunlara ek olarak; her mevsim yağış görülebilmesi bu iklim tipinin en belirgin özelliğidir (Şensoy ve ark., 2008). 1959 ve 2023 arasındaki 64 yıllık dönemde kaydedilen iklim istatistiklerine göre, Ordu ili için oluşturulan Walter (1975) iklim diyagramı Şekil 3.1'de verilmiştir.

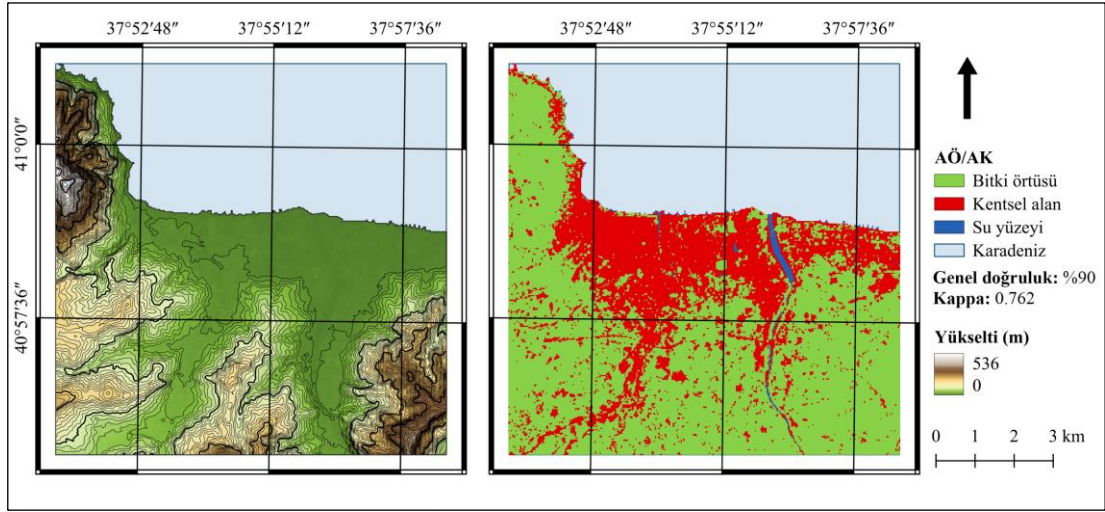


Şekil 3.1 Ordu İline Ait Walter İklim Diyagramı

İldeki yıllık ortalama sıcaklık 14.5°C ve yıllık ortalama yağış miktarı 1051.7 mm'dir. Yılın herhangi bir döneminde toprakta su açığı bulunmamaktadır (Şekil 3.1). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre; Ordu ilinin iklimi “B2, B'2, s, b'4” olarak tanımlanmıştır. Bu iklim tipinin özellikleri; nemli, 2. derece mezotermal ve su noksanı yaz mevsiminde-orta derecededir (MGM, 2024).

Ordu ili, fitocoğrafik olarak Türkiye'nin Karadeniz kıyılarına karşılık gelen Avrupa-Sibiryia floristik bölgesinde yer almaktadır (Özbucak ve ark., 2006; Deveci ve ark., 2012). Bu bölge, Ordu'nun en büyük akarsuyu olan Melet Irmağı'nın doğal sınır oluşturduğu iki alt floraya ayrılmaktadır. Melet Irmağı'nın doğusunda kalan bölge “Kolşik flora”, batısındaki bölge ise “Öksin flora” alanı olarak adlandırılmaktadır. Kolşik flora alanı, öksin flora alanına göre daha fazla yağış aldığından floristik bakımdan daha zengindir (Baş, 2014). İl sınırları içinde tespit edilen 309 bitki taksonunun 22'si endemik özelliktedir (TÜBİVES, 2024). Ordu kent merkezindeki kamusal yeşil alanlar özelinde yapılan bir araştırmada ise 44 familya ve 91 cinse ait toplam 150 farklı odunsu bitki taksonu tespit edilmiştir (Güzel ve Ulus, 2021).

Ordu ilindeki ilk kentsel yerleşim, M.Ö. 15. yüzyılda kurulduğu düşünülen Bozukkale (Kotyora) yerleşimidir. Bununla birlikte; Ordu'da kentleşmenin günümüzdeki şekline ulaşma süreci, 1868 yılında Belediye Teşkilatı'nın kurulması ile 19. yüzyılda başlamıştır (Yüksel ve Yeşil, 2017). 1921 yılında il merkezi, 2013 yılında ise büyükşehir statüsü verilen Ordu'da hızlı bir kentsel genişleme ve arazi örtüsü değişikliği meydana gelmiştir. 1990 ve 2018 yılları arasındaki 28 yıllık dönemde, kent



Şekil 3.3 Araştırma Alanının Topoğrafyası ve Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Sınıfları

3.1.3 Araştırmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

KIA etkisinin zamansal ve mekânsal karakterinin ortaya konulmasında temel parametre olan AYS'nin elde edilmesi, yapılaşma ve bitki örtüsü indekslerinin hesaplanması, MODIS/LST ürünleri için gece-gündüz AYS haritalarının oluşturulması ve parkların serinletme etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan uydu görüntülerine ilişkin temel bilgiler Çizelge 3.1'de sunulmuştur. Uydu görüntülerinin seçiminde; görüntü alım saatinin uygun olmasına ve araştırma alanının sınırları içinde bulutluluk oranının sıfır olmasına dikkat edilmiştir. Araştırma alanına ilişkin yükseklik verilerinin elde edilmesinde ise ASTER DEM ürünlerinden yararlanılmıştır. Araştırma alanı iki farklı ASTER DEM görüntüsünün kapsamına girdiğinden, bu görüntüler birleştirilerek kullanılmıştır. Tez çalışması boyunca yararlanılan tüm uzaktan algılama verileri, USGS Earth Explorer adlı çevrimiçi platformdan ücretsiz olarak temin edilmiştir (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Çizelge 3.1 Araştırmada Kullanılan Uzaktan Algılama Verilerine İlişkin Bilgiler

Görüntü ID	Uydu /Algılayıcı	Tarih	Saat (GMT+3)	Kullanım Amacı
LE07_L1TP_174032_20000622_20200918_02_T1	Landsat 7 ETM+	22.06.2000	11.00	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Spektral indekslerin hesaplanması - MODIS/LST ölçek küçültme prosedürünün uygulanması
LC08_L1TP_174032_20130704_20200912_02_T1	Landsat 8 OLI/TIRS	04.07.2013	11.10	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Spektral indekslerin hesaplanması - MODIS/LST ölçek küçültme prosedürünün uygulanması
LC08_L1TP_174032_20230801_20230805_02_T1	Landsat 8 OLI/TIRS	01.08.2023	11.08	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Spektral indekslerin hesaplanması - MODIS/LST ölçek küçültme prosedürünün uygulanması - Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (yaz mevsimi)
LC08_L1TP_174032_20220526_20220602_02_T1	Landsat 8 OLI/TIRS	26.05.2022	11.08	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (ilkbahar mevsimi)
LC08_L1TP_174032_20231020_20231103_02_T1	Landsat 8 OLI/TIRS	20.10.2023	11.08	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (sonbahar mevsimi)
LC08_L1TP_174032_20230121_20230131_02_T1	Landsat 8 OLI/TIRS	21.01.2023	11.09	- Arazi Yüzey Sıcaklığı'nın hesaplanması - Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (kış mevsimi)
ASTGTMV003_N40E037	ASTER DEM	-	-	- Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (parkların denizden yüksekliği) - MODIS/LST ölçek küçültme prosedürünün uygulanması
ASTGTMV003_N41E037	ASTER DEM	-	-	- Parkların serinletme etkisinin belirlenmesi (parkların denizden yüksekliği) - MODIS/LST ölçek küçültme prosedürünün uygulanması

Araştırmadaki temel uzaktan algılama materyalleri olan Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinde sunulan bantlar aşağıda verilmiştir. Bu araştırma kapsamında yararlanılan bantlar çizelgede italik olarak gösterilmiştir. AYS'nin hesaplanması kullanılan termal kızılötesi bantlar, Landsat 7 için 6 numaralı bant iken Landsat 8'de 10 ve 11 numaralı bantlardır. Yapılı çevre ve bitki örtüsü indekslerinin hesaplanması aşamasında ise mavi (B), yeşil (G), kırmızı (R), yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantlardan yararlanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Landsat 7 ve Landsat 8 Uydularından Sağlanan Bantlar (USGS, 2024)

Landsat 7 ETM+	Dalga boyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
<i>Band 1 - Mavi</i>	<i>0.45-0.52</i>	<i>30</i>
<i>Band 2 - Yeşil</i>	<i>0.52-0.60</i>	<i>30</i>
<i>Band 3 - Kırmızı</i>	<i>0.63-0.69</i>	<i>30</i>
<i>Band 4 - Yakın kızılötesi (NIR)</i>	<i>0.77-0.90</i>	<i>30</i>
<i>Band 5 - Kısa dalga kızılötesi (SWIR) 1</i>	<i>1.55-1.75</i>	<i>30</i>
<i>Band 6 - Termal</i>	<i>10.40-12.50</i>	<i>60 (30)</i>
<i>Band 7 - Kısa dalga kızılötesi (SWIR) 2</i>	<i>2.09-2.35</i>	<i>30</i>
<i>Band 8 - Pankromatik</i>	<i>0.52-0.90</i>	<i>15</i>
Landsat 8 OLI/TIRS	Dalga boyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
<i>Band 1 - Kıyı aerosol</i>	<i>0.43-0.45</i>	<i>30</i>
<i>Band 2 - Mavi</i>	<i>0.45-0.51</i>	<i>30</i>
<i>Band 3 - Yeşil</i>	<i>0.53-0.59</i>	<i>30</i>
<i>Band 4 - Kırmızı</i>	<i>0.64-0.67</i>	<i>30</i>
<i>Band 5 - Yakın kızılötesi (NIR)</i>	<i>0.85-0.88</i>	<i>30</i>
<i>Band 6 - Kısa dalga kızılötesi (SWIR) 1</i>	<i>1.57-1.65</i>	<i>30</i>
<i>Band 7 - Kısa dalga kızılötesi (SWIR) 2</i>	<i>2.11-2.29</i>	<i>30</i>
<i>Band 8 - Pankromatik</i>	<i>0.50-0.68</i>	<i>15</i>
<i>Band 9 - Sırrus</i>	<i>1.36-1.38</i>	<i>30</i>
<i>Band 10 - Termal Kızılötesi (TIRS) 1</i>	<i>10.6-11.19</i>	<i>100 (30)</i>
<i>Band 11 - Termal Kızılötesi (TIRS) 2</i>	<i>11.50-12.51</i>	<i>100 (30)</i>

Araştırmada, KIA etkisinin gece ve gündüz zaman dilimleri arasındaki farklılaşmasının değerlendirildiği bölümde Çizelge 3.3'teki 8 günlük ortalamaları içeren MODIS/LST ürünlerinden (MOD11A2) yararlanılmıştır. Düşük çözünürlükteki MODIS/LST ürünleri, yüksek çözünürlüklü Landsat 7-8 verileri ve Random Forest regresyon algoritması kullanılarak ölçek küçültme sürecine tabi tutulmuştur. 2000 yılındaki KIA etkisinin değerlendirilmesi için referans alınan 22.06.2000 tarihli Landsat 7 görüntüsü 17.06.2000-24.06.2000 arasındaki dönemin ortalama AYS değerlerini içeren MODIS/LST ürünü ile eşleştirilmiştir. 2013 ve 2023 yıllarındaki

Landsat 8 görüntüleri de ilgili tarih aralığına karşılık gelen MODIS/LST verisi ile eşleştirilerek ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 MODIS/LST Ürünlerine İlişkin Bilgiler

MODIS/LST Ürün ID	Tarih Aralığı	İçerik	Çözünürlük (km)
MOD11A2.A2000169.h2 0v04.061	17.06.2000-24.06.2000	Gündüz ve gece AYS (8 günlük ortalama)	~ 1
MOD11A2.A2013185.h2 0v04.061	04.07.2013-11.07.2013	Gündüz ve gece AYS (8 günlük ortalama)	~ 1
MOD11A2.A2023209.h2 0v04.061	28.07.2023-04.08.2023	Gündüz ve gece AYS (8 günlük ortalama)	~ 1

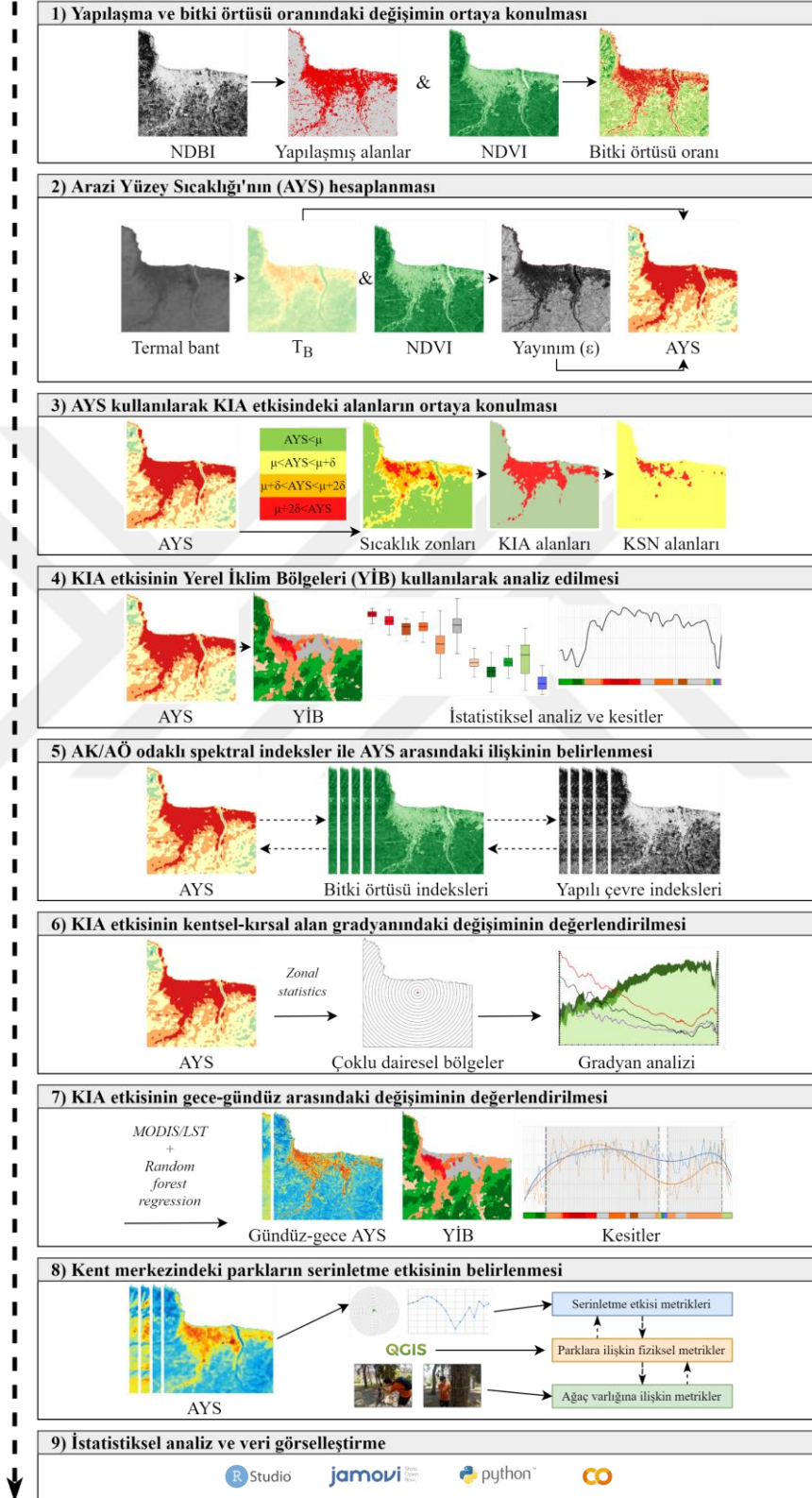
3.1.4 Araştırmada Kullanılan Programlama Dilleri ve Yazılımlar

Araştırma boyunca; uzaktan algılama verilerinin işlenmesi, mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi ve haritaların üretilmesinde, açık kaynak kodlu bir coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan QGIS 3.34.4'ten yararlanılmıştır (QGIS Development Team, 2024). Tez metni içinde yer alan şekil ve çizelgelerdeki görsel düzenlemeler Adobe Photoshop CC 2014 yazılımında yapılmıştır. Metinde yer alan tüm akış şemaları ise “draw.io” ya da “diagrams.net 14.5.1” olarak adlandırılan platform kullanılarak üretilmiştir (<https://www.drawio.com>). Araştırmada gerçekleştirilen tüm istatistiksel analiz ve veri görselleştirme süreçlerinde; R yazılım dili ve RStudio 2023.03.0 arayüzünden, Jamovi 2.3.28 yazılımından ve Python programlama dilinden yararlanılmıştır (RStudio Team, 2020; The Jamovi Project, 2022; R Core Team, 2022). Python'daki üretim süreçlerinin tamamı Google Colaboratory (Colab) platformu üzerinden gerçekleştirilmiştir (Google, 2024).

3.2 Yöntem

Araştırmada izlenen yöntem ve gerçekleştirilen analizler temel olarak 9 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar ve alt başlıkları Şekil 3.4'teki yöntem akış şemasında gösterilmiştir. İlk olarak araştırma alanındaki yapılaşma ve bitki örtüsü oranındaki değişim analiz edilmiştir. Ardından termal uzaktan algılama verileri kullanılarak AYS haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen AYS haritaları belirli sıcaklık zonlarına ayrılarak KIA etkisindeki alanlar ve KSN alanlarının mekânsal dağılımı ortaya konmuştur. AYS değerleri ile YİB ve arazi örtüsü odaklı spektral indeks değerleri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Sonrasında KIA etkisinin, kentsel-kırsal alan geçişindeki durumu incelenmiş ve gece-gündüz arasındaki AYS varyasyonu

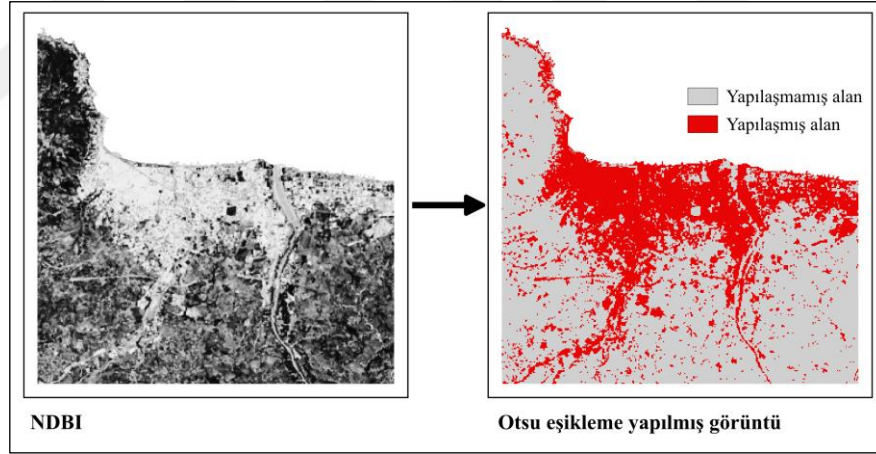
değerlendirilmiştir. Son olarak; kent merkezindeki parkların KIA etkisinin azaltılmasındaki rolü incelenmiş ve parkların serinletme etkisi analiz edilmiştir.



Şekil 3.4 Araştırmada Takip Edilen Yöntem Akışı

3.2.1 Yapılaşma ve Bitki Örtüsü Oranındaki Değişimin Ortaya Konulması

Çalışma alanındaki yapılaşmanın düzeyi ve zaman içindeki değişimi, NDBI indeksi değerleri ve Otsu (1979) eşikleme metodu kullanılarak ortaya konulmuştur. İlk olarak; 2000, 2013 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntülerinin ilgili bantları kullanılarak NDBI haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yıl için Otsu metoduna göre eşik değerler hesaplanmıştır. Nobuyuki Otsu tarafından 1979 yılında geliştirilen eşikleme yöntemi, bir görüntü histogramındaki sınıflar arası varyansı en üst düzeye ve sınıf içi varyansı en aza indirerek optimal eşik düzeyini bulmayı amaçlayan etkili bir görüntü işleme tekniğidir (Wang ve ark., 2022; Singh ve ark., 2023). Bu teknik aynı zamanda NDBI indeksi üzerinden yapılaşmış alanların ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır (Xu ve ark., 2018; Sekertekin ve Zadbagher, 2021). Hesaplanan eşik değerlerin üzerindeki alanlar “yapılaşmış alan” olarak tanımlanırken, eşik değerinin altındaki alanlar “yapılaşmamış alan” olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.5). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yapılaşmış alanlara ilişkin mekânsal ve oransal değişim irdelenmiştir.



Şekil 3.5 NDBI ve Eşikleme İşlemi Sonrası Yapılaşma Durumu

Araştırma alanı içindeki bitki örtüsü oranı değişimi NDVI tabanlı olarak analiz edilmiştir. Piksel bazlı olarak bitki örtüsü oranlarının hesaplanmasında, Landsat görüntülerinden AYS elde edilme sürecinde de kullanılan fraksiyonel bitki örtüsü oranı (P_v) formülü kullanılmıştır:

$$P_v = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2 \quad (3.1)$$

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R) \quad (3.2)$$

3.2.2 Arazi Yüzey Sıcaklığının (AYS) Hesaplanması

3.2.2.1 Landsat 8 OLI/TIRS

Landsat 8 OLI/TIRS uydusu üzerinde 10 ve 11 numaralı iki adet termal bant bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan bant 10 verisinin formatı dijital sayı (Digital Number) olduğundan, AYS değerlerinin hesaplanabilmesi için bir dizi matematiksel işlem takip edilmiştir (Artis ve Carnahan, 1982):

İşlemin ilk adımı, termal banttaki dijital sayıların Atmosfer Üstü (Top of Atmospheric, TOA) spektral radyans değerine dönüştürmektir (USGS, 2013):

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (3.3)$$

Burada; L_{λ} , $Wm^{-2} sr^{-1} mm^{-1}$ biriminde spektral radyans değerini, M_L , bant 10 için çarpımsal ölçeklendirme faktörünü, A_L , ek ölçeklendirme faktörü ve Q_{CAL} ise piksellerin sahip olduğu sayısal değerlerdir.

İkinci adım, spektral radyans değerinin (L_{λ}) parlaklık sıcaklığı (T_B) değerine dönüştürülmesidir:

$$T_B = K_2 / (\ln (K_1 / L_{\lambda} + 1)) - 273.15 \quad (3.4)$$

Burada T_B , santigrat derece olarak parlaklık sıcaklığı değerini, K_1 ve K_2 ise bant 10 için termal dönüşüm sabiteleridir. Landsat 8 için, K_1 değeri 774.89 ve K_2 değeri 1321.08'dir. Eşitlik sonucunda elde edilen kelvin değerinin santigrat dereceye çevrilmesi için 273.15 çıkarılır.

Üçüncü olarak, Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi (NDVI) hesaplanmıştır (Guha ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2022):

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R) \quad (3.5)$$

Burada; ρ_{NIR} , yakın kızılötesi bant değerlerini ve ρ_R ise kırmızı bant değerlerini ifade etmektedir.

Yayınım değerinin hesaplanabilmesi için öncelikle bitki örtüsü oranı hesaplanmıştır:

$$P_v = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2 \quad (3.6)$$

Burada; $NDVI_{min}$ çalışma alanındaki en küçük NDVI değerini, $NDVI_{max}$ ise en büyük NDVI değerini ifade etmektedir.

Yayınım değeri (ϵ) bitki örtüsü oranı (P_v) kullanılarak hesaplanmıştır (Carlson ve Ripley, 1997):

$$\epsilon = 0.004 \times P_v + 0.986 \quad (3.7)$$

Burada; P_v bitki örtüsü oranını ifade etmektedir.

Son olarak, parlaklık sıcaklığı (T_B) ve yüzey yayılımı (ϵ) değerleri kullanılarak Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) hesaplanmıştır (Weng ve ark., 2004; Guha ve ark., 2018):

$$AYS = T_B / [1 + (\lambda \times T_B / \rho) \times \ln \epsilon] \quad (3.8)$$

Burada; AYS santigrat derece cinsinden AYS değerini; λ yayılan ışımanın dalga boyunu; ϵ , yüzey yayılım değerini; α , 1.438×10^{-2} mK değerini; h , Planck sabitini (6.626×10^{-34} J s⁻¹); c , ışık hızını (2.998×10^8 m s⁻¹) ve k , Boltzman sabitini (1.38×10^{-23} J K⁻¹) ifade etmektedir.

3.2.2.2 Landsat 7 ETM+

Landsat 7 ETM+ uydu verisinden AYS elde etme süreci Landsat 8'e benzer şekilde gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte; termal bant numarası, dönüşüm sabitelerinin değerleri ve spektral radyans dönüşüm formülü iki uydu verisi arasında farklılık göstermektedir. Landsat 8'de 10 ve 11 numaralı bantlar termal özellikte iken Landsat 7'de 6 numaralı bant termal banttır.

Landsat 7'deki termal banttaki dijital sayıların Atmosfer Üstü (Top of Atmospheric, TOA) spektral radyans değerine dönüşümü aşağıdaki eşitlik ile sağlanmıştır (Nugraha ve ark., 2019):

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \right) \times (Q_{CAL} - Q_{CALMIN}) + L_{MIN\lambda} \quad (3.9)$$

Burada; L_λ , spektral radyans değerini ifade ederken; $L_{MAX\lambda}$, en yüksek radyans değerine, $L_{MIN\lambda}$ en düşük radyans değerine karşılık gelmektedir. Q_{CALMAX} verideki en büyük piksel değeri, Q_{CALMIN} verideki en küçük piksel değeri ve Q_{CAL} ise piksellerin sahip olduğu sayısal değerlerdir. Bu değerlerin tamamı uydu görüntüsü ile birlikte sunulan meta veri üzerinden okunmuştur.

İkinci adım, spektral radyans değerinin (L_λ) parlaklık sıcaklığı (T_B) değerine dönüştürülmesidir:

$$T_B = K_2 / (\ln (K_1 / L_\lambda + 1)) - 273.15 \quad (3.10)$$

Burada; T_B , santigrat derece olarak parlaklık sıcaklığı değerini, K_1 ve K_2 ise bant 6 için termal dönüşüm sabiteleridir. Landsat 7 ETM+ için, K_1 değeri 666.09 ve K_2 değeri 1282.71'dir. Eşitlik sonucunda elde edilen kelvin değeri santigrat dereceye çevrilmiştir. İşlemin geri kalan bölümü için Landsat 8'deki prosedür izlenmiştir.

3.2.2.3 MODIS

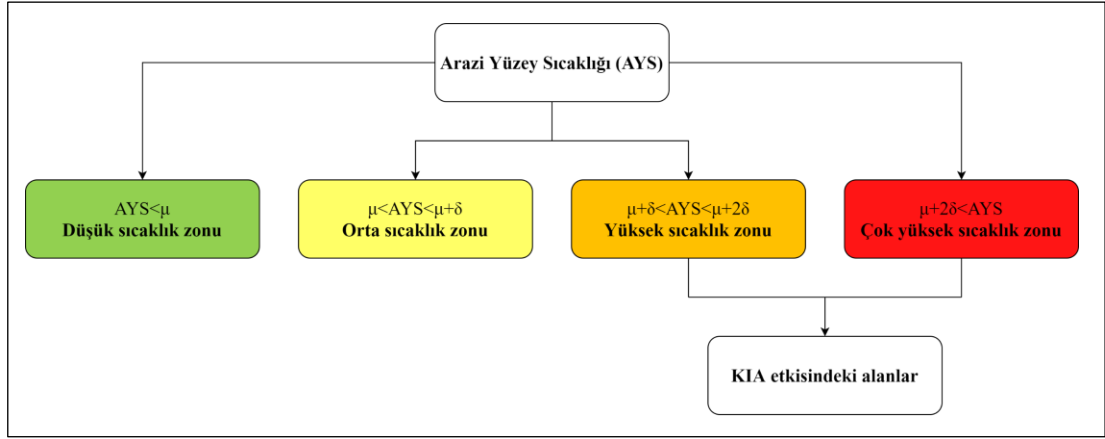
LANDSAT verilerinden farklı olarak MODIS/LST ürünleri, MODIS algılayıcısı üzerindeki 31 ve 32. bantlara karşılık gelen termal bantlar kullanılarak, genelleştirilmiş bölünmüş pencere algoritması (generalized split-window) ile hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır (Wan and Dozier, 1996). MODIS/LST ürünleri herhangi bir algoritmaya ihtiyaç duyulmadan yalnızca ölçeklendirme faktörü ve kelvin-santigrat dönüşümü yapılarak kullanılabilir. MODIS/LST ürünlerinin santigrat derece cinsinden elde edilebilmesi için ilk olarak meta veride sunulan ölçeklendirme faktörü olarak 0.02 ile çarpılmıştır. Bu işlem ile kelvin biriminde elde edilen AYS değerlerinin santigrat dereceye çevrilebilmesi için 273.15 çıkarılmıştır (Sam ve Balasubramanian, 2023).

$$AYS = (DN \times 0.02) - 273.15 \quad (3.11)$$

MODIS/LST ürünlerinin hazırlandığı koordinat sistemi "MODIS Sinusoidal" sistemidir. Ancak çalışma alanı olarak belirlenen Ordu kent merkezi ve yakın çevresi, WGS-84 UTM Zone 37N koordinat sisteminde yer aldığından elde edilen görüntüler projeksiyon dönüşümüne tabi tutulmuştur.

3.2.3 Arazi Yüzey Sıcaklığı Kullanılarak Kentsel Isı Adası Etkisindeki Alanların Ortaya Konulması

Araştırma alanı içindeki KIA etkisinde olan ve olmayan alanlar, Dutta ve ark., (2021) tarafından önerilen metodoloji kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 3.6). Eşitliklerde yer alan μ değeri çalışma alanındaki ortalama AYS değerini, δ ise bu değerlerin standart sapmasını göstermektedir. Söz konusu değerler; QGIS 3.34.4 yazılımındaki "Landscape Ecology (LecoS)" eklentisinin "Landscape Statistics" aracı ile hesaplanmıştır (Jung, 2016; QGIS Development Team, 2024).



Şekil 3.6 Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisinden Sıcaklık Zonlarının ve KIA Etkisindeki Alanların Elde Edilmesi (Dutta ve ark., 2021’den değiştirilmiştir)

AYS değeri, araştırma alanının ortalama AYS değerinin altında olan pikseller “düşük sıcaklık zone” olarak tanımlanmıştır. Bir üst basamakta, değeri ortalama AYS değerinden büyük, bununla birlikte ortalama AYS ile standart sapma değerinin toplamından küçük olan pikseller “orta sıcaklık zone” olarak nitelenmiştir. Değeri, ortalama AYS ile standart sapma değerinin toplamından büyük ancak ortalama AYS ile standart sapmanın iki katının toplamından küçük olan bölgeler “yüksek sıcaklık zone” kapsamında değerlendirilmiştir. Piksel düzeyinde AYS değeri, araştırma alanının ortalama AYS değeri ile standart sapma değerinin iki katının toplamından büyük olan bölgeler “çok yüksek sıcaklık zone” olarak tanımlanmıştır. Yüksek ve çok yüksek sıcaklık zonları KIA etkisindeki alanları oluşturmaktadır. Kentlerde aşırı ısınmanın görüldüğü ve insan faaliyetleri için rahatsız edici küçük alanlar Kentsel Sıcak Noktalar (KSN) olarak tanımlanmaktadır (Guha ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2021). Bu çalışma kapsamında, çok yüksek sıcaklık zonunda yer alan bölgeler KSN’leri oluşturmaktadır (Guha ve ark., 2018).

3.2.4 Kentsel Isı Adası Etkisinin Yerel İklim Bölgeleri (YİB) Sınıflandırma Sistemi Kullanılarak Analiz Edilmesi

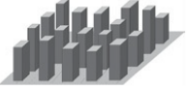
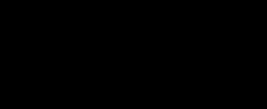
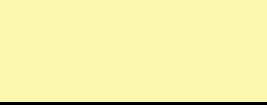
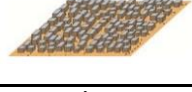
Dünyanın farklı bölgelerindeki kentlerde iklim gözlemlerini standartlaştırmak ve disiplinler arası iletişimi kolaylaştırmak için iklim odaklı arazi sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir (Zheng ve ark., 2018). Bu sistemlerin ilki Ellefsen (1991) tarafından geliştirilen ve 17 sınıfı içeren Kentsel Arazi Bölgeleri (Urban Terrain Zones, UTZ) sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırmanın en önemli özelliği, bina tiplerini “bağlı” ve “bağımsız” formlar olarak ayırmasıdır (Stewart ve Oke, 2012). Daha sonra

Oke (2004), bu 17 sınıfın bir ya da birden fazlasına karşılık gelen 7 sınıflı bir sistem önermiştir. Kentsel İklim Bölgeleri (Urban Climate Zones, UCZ) olarak adlandırılan bu sistemde arazi pürüzlülük durumuna ek olarak bina ya da ağaçlardan kaynaklanan kanyon etkisini ortaya koyan bakı oranı ve geçirimsiz yüzey oranı dikkate alınmaktadır. UCZ sınıflandırma sisteminde, arazi pürüzlülük özelliğinin değerlendirilmesi Davenport ve ark., (2000) tarafından geliştirilen pürüzlülük sınıfları esas alınarak oluşturulmuştur. Son olarak, Stewart ve Oke (2012) tarafından geliştirilen ve UCZ sınıflandırmasının genişletilmiş hali olan Yerel İklim Bölgeleri (Local Climate Zones, LCZ) ile toplam 17 yerel iklim bölgesi sınıfı tanımlanmıştır (Çizelge 3.4). Bu sınıfların oluşturulmasında pürüzlülük özelliği oluşturan bina ya da ağaçların yüksekliği, pürüzlülük öğelerinin sıklığı, pürüzlülük öğelerini çevreleyen yüzey örtüsü tipi ve yapı malzemelerinin termal karakteri olmak üzere dört bileşen esas alınmıştır (Stewart ve Oke, 2012). Bu doktora tez çalışması kapsamında, Demuzere ve ark., (2023) tarafından küresel ölçekte hazırlanan 100 m mekânsal çözünürlükteki Yerel İklim Bölgeleri (YİB) haritası kullanılmıştır. Elde edilen harita, gerekli projeksiyon dönüşümleri ve çalışma alanı sınırına göre kırılma işleminin ardından AYS ortalamaları ve KIA etkisi bakımından istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3.2.5 Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Odaklı Spektral İndeksler ile Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Yapılan çalışmalar kent ve çevresindeki kırsal alan arasındaki sıcaklık farkını ortaya çıkaran KIA etkisinin, arazi örtüsünde meydana gelen kentleşme yönündeki değişimden kaynaklandığı konusunda fikir birliği içindedir (Heisler ve Brazel, 2010; Masson ve ark., 2020). Arazi örtüsündeki değişimin KIA'ların karakteri üzerindeki etkilerine odaklanan çok sayıda çalışma yapılmıştır. KIA çalışmalarında kullanılan veri, yöntem ve zamansal-mekânsal faktörler üzerine yapılan bir derlemeye (Deilami ve ark., 2018) göre, arazi örtüsündeki değişim deseninin ortaya çıkarılmasında en fazla tercih edilen yöntemlerden biri de arazi örtüsü odaklı spektral indekslerdir. Spektral indeksler genel olarak uydu bantlarının çeşitli eşitlikler ile oranlanması esasına dayanmaktadır (Perry ve Lautenschlager, 1984).

Çizelge 3.4 Yerel İklim Bölgeleri Sınıflandırma Sistemi (Stewart ve Oke, 2012)

YİB-1	Yoğun yüksek katlı	YİB-11 (A)	Yoğun ağaçlık
			
YİB-2	Yoğun orta katlı	YİB-12 (B)	Seyrek ağaçlık
			
YİB-3	Yoğun alçak katlı	YİB-13 (C)	Çalılık
			
YİB-4	Açık yüksek katlı	YİB-14 (D)	Bodur bitkiler
			
YİB-5	Açık orta katlı	YİB-15 (E)	Çıplak kaya veya asfalt
			
YİB-6	Açık alçak katlı	YİB-16 (F)	Çıplak toprak veya kum
			
YİB-7	Hafif alçak katlı	YİB-17 (G)	Su yüzeyi
			
YİB-8	Geniş alçak yapılar		
			
YİB-9	Seyrek yapılaşma		
			
YİB-10	Ağır sanayi		
			

Arazi örtüsü odaklı spektral indeksler arasında en fazla bilinen ve yaygın olarak kullanılan indeks NDVI olarak bilinen Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi'dir (Carlson ve Ripley, 1997; Jiang ve ark., 2006; Nouri ve ark., 2017). NDVI, bitkilerin

yansıtma özelliklerini kullanarak bitki örtüsü sağlığı ve yoğunluğunu ölçmektedir (Kinyanjui, 2011). NDVI değeri yükseldikçe görece daha yoğun bitki örtüsü alanlarının var olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bitki örtüsündeki zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lotsch ve ark., 2003; Anyamba ve Tucker, 2005). Bitki örtüsü ile kaplı alanları tespit etmekte kullanılan diğer spektral indekslere örnek olarak EVI (Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi), SAVI (Toprak Düzeltmeli Bitki Örtüsü İndeksi), DVI (Bitki Örtüsü Fark İndeksi) ve RVI (Bitki Örtüsü Oran İndeksi) indeksleri verilebilir. Kentsel alanlar gibi yapılaşmanın yüksek olduğu alanların tespit edilmesinde de farklı spektral indeksler geliştirilmiştir. Bunlardan en bilinenleri ise kentleşme odaklı NDBI (Normalleştirilmiş Fark Yapılaşma İndeksi), BUI (Yapılaşmış Alan İndeksi) ve UI (Kentsel Alan İndeksi) indeksleridir. AYS ile farklı arazi desenleri arasındaki ilişkiler herhangi bir sınıflandırma yapılmaksızın belirli alan kullanımı/arazi örtüsü odaklı spektral indeksler kullanılarak da analiz edilebilmektedir (Guha ve ark., 2018; Renard ve ark., 2019).

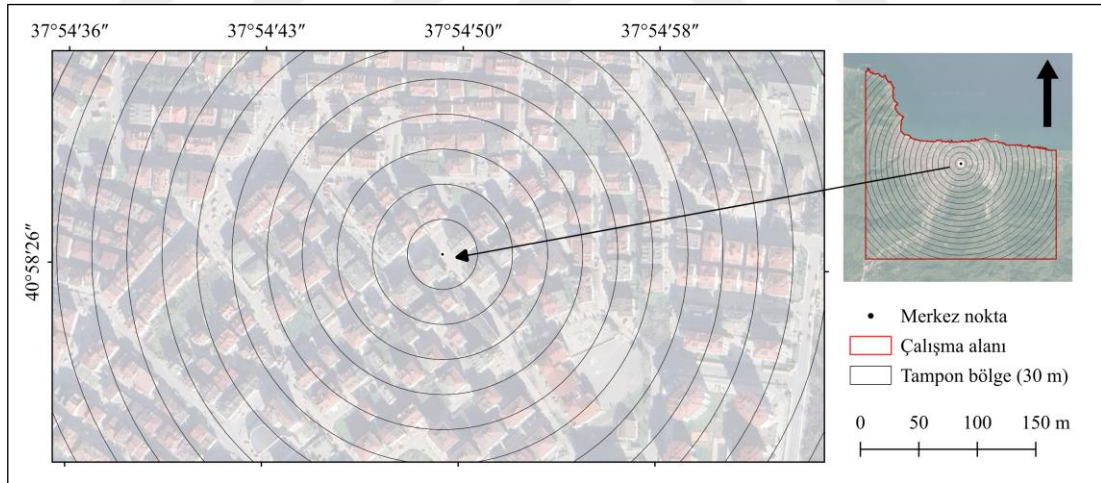
Çalışmada bitki örtüsünü ön plana çıkaran 5 adet bitki indeksi (DVI, NDVI, IPVI, WDVİ, SAVI) ve yapılaşmış alanların belirlenmesinde kullanılan 5 adet yapılaşma indeksi (NBI, NDBI, BAEI, BUI, UI) QGIS 3.34.4 yazılımındaki “Raster Calculator” aracı ile hesaplanmıştır (QGIS Development Team, 2024). Hesaplanan tüm indeksler ve hesaplamada kullanılan eşitlikler Çizelge 3.5’te bir arada verilmiştir.

Çizelge 3.5 Çalışmada Kullanılan Spektral İndeksler ve Açıklamaları

İndeks	Açıklama	Eşitlik	Kaynak	
Bitki örtüsü	DVI	Difference Vegetation Index	$\rho_{NIR} - \rho_R$	Lillesand ve ark. (2018)
	NDVI	Normalized Diff. Vegetation Index	$(\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R)$	Tucker (1979)
	IPVI	Infrared Percentage Vegetation Index	$\rho_{NIR} / (\rho_{NIR} + \rho_R)$	Crippen (1990)
	WDVI	Weighted Diff. Vegetation Index	$\rho_{NIR} - 0.96916 * \rho_R$	Qi ve ark. (1994)
	SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index	$(\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R + 0.5) * (1 + 0.5)$	Huete (1988)
Yapılaşmış alan	NBI	New Built-up Index	$(\rho_{SWIR1} * \rho_R) / \rho_{NIR}$	Jieli ve ark. (2010)
	NDBI	Normalized Difference Built-up Index	$(\rho_{SWIR1} - \rho_{NIR}) / (\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR})$	Zha ve ark. (2003)
	BAEI	Built-up Area Extraction Index	$(\rho_R + 0.3) / (\rho_G + \rho_{SWIR1})$	Bouzekri ve ark. (2015)
	BUI	Built-up Index	NDBI - NDVI	He ve ark. (2010)
	UI	Urban Index	$((\rho_{SWIR1} - \rho_{NIR}) / (\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}) + 1) * 100$	Kawamura ve ark. (1996)

3.2.6 Kentsel Isı Adası Etkisinin Kentsel-Kırsal Alan Gradyanındaki Değişiminin Değerlendirilmesi

Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki AYS varyasyonunu incelemek için, çoklu dairesel bölgeler kullanılarak gerçekleştirilen kentsel-kırsal alan gradyan analizinden yararlanılmıştır. Çoklu dairesel bölgeler, kentleşme ve AYS ilişkisini analiz etmenin yararlı bir yolu olarak birçok çalışmada kullanılmıştır (Ranagalage ve ark., 2018; Hou ve Estoque, 2020; Wang ve Murayama, 2020; Shukla ve Jain, 2021). Bu analizin ilk aşamasında; 10x10 km’lik çalışma alanının merkez noktası referans alınarak, QGIS yazılımındaki “Multi Ring Buffer” eklentisi ile 30 m aralıklı toplam 236 adet çoklu dairesel tampon bölge oluşturulmuştur (Şekil 3.7). Dairesel tampon bölgelerin oluşturulmasında esas alınan aralık mesafesi AYS haritalarının mekânsal çözünürlüğü olan 30 m olarak ayarlanmıştır. Ardından aynı yazılımdaki “Zonal Statistics” aracı ile 2000, 2013 ve 2023 yılları için her bir zondaki ortalama AYS değeri elde edilmiştir. Kentsel-kırsal alan geçişindeki AYS değişimine ek olarak zonlardaki ortalama Bitki Örtüsü Oranı (BO) değerleri NDVI tabanlı olarak çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafiğe dönüştürülerek bulgulara aktarılmış ve yorumlanmıştır.

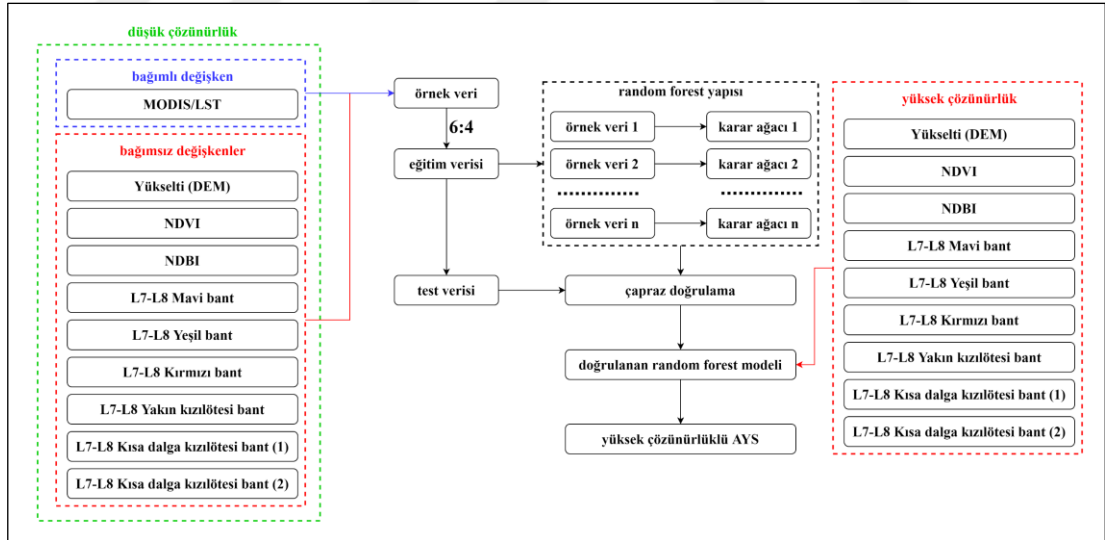


Şekil 3.7 Çalışma Alanının Merkezi Esas Alınarak 30 m Aralıklı Oluşturulmuş Çoklu Dairesel Tampon Bölgeler

3.2.7 Kentsel Isı Adası Etkisinin Gece-Gündüz Arasındaki Değişiminin Değerlendirilmesi

2000, 2013 ve 2023 yılları kapsamında, gece ve gündüz arasındaki AYS farklılığının mekânsal olarak doğru bir şekilde analiz edilebilmesi ve yüksek çözünürlüklü bir profil çıkarılabilmesi için düşük çözünürlüğün daha yüksek çözünürlüğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle; çalışmada ölçek küçültme

prosedürü uygulanmıştır. Zamansal çözünürlük bakımından avantajlı olan MODIS verileri birtakım mekânsal ölçek küçültme ya da alt ölçekleme (spatial downscaling) teknikleri ile istenilen mekânsal çözünürlüğe getirilebilmektedir (Duan ve Li, 2016; Sattari ve ark., 2018; Wang ve ark., 2020). Bu tekniklerin başında Termal Keskinleştirme (TsHARP-Thermal Sharpening) ve Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression-MLR) gibi lineer regresyon tabanlı teknikler ile Rastgele Orman (Random Forest) gibi makine öğrenmesine dayanan teknikler gelmektedir. Wang ve ark., (2020) bu üç farklı tekniğin ölçek küçültme başarısını test ettikleri çalışmada, hata payının en düşük ve model açıklama oranının en yüksek olduğu yöntemin Random Forest (RF) olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle, çalışma kapsamında MODIS/LST verilerinin ölçek küçültme sürecinde RF yöntemi kullanılmıştır. Ölçek küçültme süreci Python programlama dilinin çevrimiçi arayüzü olan Jupyter ortamında en popüler makine öğrenmesi kütüphanesi olan Scikit-learn aracılığı ile yürütülmüştür (Pedregosa ve ark., 2011). Random Forest algoritması ile ölçek küçültme işlemi için değişken ve parametrelerin belirlenmesinde Wang ve ark., (2020) tarafından önerilen yöntem akışı kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 MODIS Görüntülerinin Ölçeğini Küçültmek İçin Yararlanılan Random Forest (RF) Modelinin Uygulanma Süreci (Wang ve Ark., 2020'den değiştirilmiştir)

Günlük MODIS verilerinde teknik nedenler ile boşluklar oluşabileceğinden genellikle 8 günlük periyotlar halinde sunulan ve ortalama değerleri içeren MODIS verileri kullanılmaktadır. Bu nedenle; çalışma kapsamında Landsat 7 ve Landsat 8

görüntülerinin tarihlerini içine alan 8 günlük periyotlar seçilmiştir. Modelde düşük çözünürlüklü MODIS/LST verisi bağımlı değişkendir. MODIS/LST verisi ile aynı çözünürlüğe getirilmiş olan yükseklik verisi (DEM), NDVI ile NDBI indeksleri, mavi (Landsat 7 için bant 1, Landsat 8 için bant 2), yeşil (Landsat 7 için bant 2, Landsat 8 için bant 3), kırmızı (Landsat 7 için bant 3, Landsat 8 için bant 4), yakın kızılötesi (Landsat 7 için bant 4, Landsat 8 için bant 5), kısa dalga kızılötesi-1 (Landsat 7 için bant 5, Landsat 8 için bant 6) ve kısa dalga kızılötesi-2 (Landsat 7 için bant 7, Landsat 8 için bant 7) bantları bağımsız değişken olarak atanmıştır. Eldeki veri seti 6:4 oranında eğitim ve test verisine bölünmüş, modeldeki ağaç sayısını ifade eden $n_estimator$ parametresi 100 olarak ayarlanarak model oluşturulmuştur. Modelin geçerlilik durumu; çapraz doğrulama, R^2 ve RMSE değişkenleri ile değerlendirilmiştir. Geçerliliği kabul edilen modele yüksek çözünürlüklü değişkenler girilerek gece ve gündüz zaman dilimleri için yüksek çözünürlüklü AYS verisi elde edilmiştir.

3.2.8 Parkların Serinletme Etkisinin Belirlenmesi

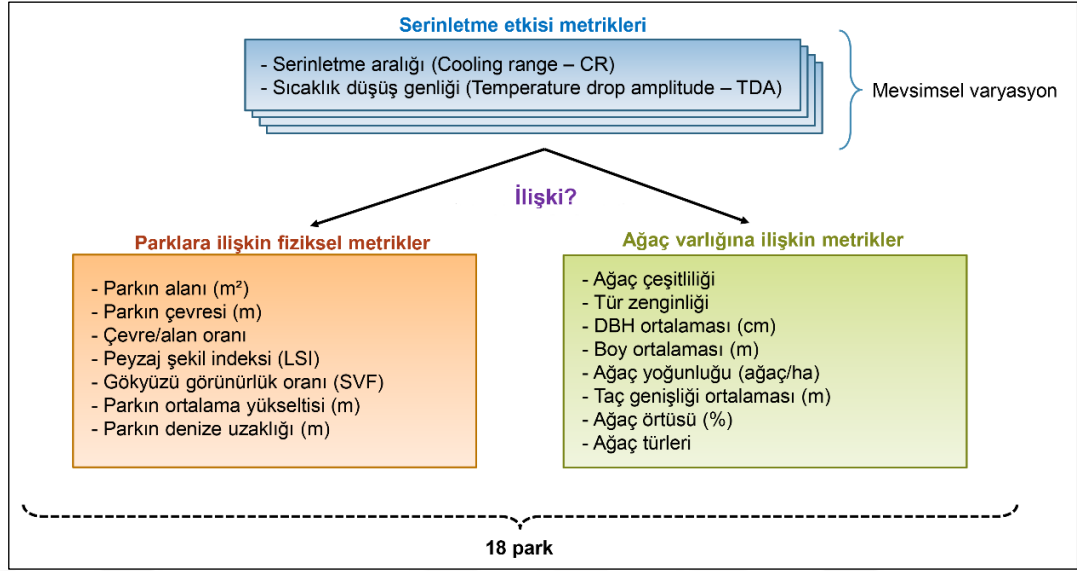
Parkların sağladığı serinletme etkisinin nicel olarak ölçülebilmesi için belirli parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Serinletme etkisinin gücü ve etki alanı “serinletme etkisi metrikleri” ile ortaya konulabilirken, bu etkiyi destekleyen faktörlerin neler olduğu “parkların fiziksel yapısı” ile “parklardaki bitki örtüsü kompozisyonu” gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir (Chang ve ark., 2007; Shashua-Bar ve ark., 2009). Yapılan bir araştırmada, parkın şekil karmaşıklığı arttıkça serinletme etkisinin azaldığı görülmüştür (Ren ve ark., 2013; Wang ve ark., 2017). Bununla birlikte; geometrik olarak daha karmaşık bir şekil özelliği gösteren, sınırı daha girintili-çıkıntılı bir yapıda olan yeşil alanların serinletme etkisinin daha yüksek olduğunu savunan çalışmalar da bulunmaktadır (Du ve ark., 2017; Peng ve ark., 2021). Şekilsel özellikler ile serinletme etkisi arasındaki bu tartışma devam ediyor olsa da parkların serinletme etkisinin büyüklükleri ile doğru orantılı olarak arttığı genel kabul görmüş durumdadır (Jaganmohan ve ark., 2016; Du ve ark., 2017; Peng ve ark., 2021).

Parkların serinletme performansını etkileyen ikinci önemli faktör park içindeki bitki örtüsünün özellikleridir (Chang ve ark., 2007; Shashua-Bar ve ark., 2009). Yapılan araştırmalar bir kent parkının serinletme etkisi ile parkın kompozisyonu ve bitki örtüsü özellikleri arasında önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Hardin ve Jensen, 2007; Cao ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2011; Gage

ve Cooper, 2017; Wang ve ark., 2021). Park içindeki bitki örtüsünün karakteristiği serinletme performansı üzerinde son derece önemli bir etkidir. Örneğin, ağaçlar çayırılık alanlara göre daha etkili bir serinletme olanağı sağlamaktadır (Lee ve ark., 2016). Yine ağaç türleri bakımından özellikle yaz mevsiminde, yaprak döken ağaçların sağladığı serinletme etkisi iğne yapraklı ağaçlara göre daha yüksek bulunmuştur (Hamada ve Ohta, 2010; Cohen ve ark., 2012). Bitki örtüsünün karakteristiğine ek olarak kentsel yeşil alanların serinletme etkisinin yeşil alanın barındırdığı ağaç türü çeşitliliği ile doğru orantılı olduğunu iddia eden araştırmalar da mevcuttur (Wang ve ark., 2021). Bu noktada parkların serinletme etkisini optimal düzeye çıkaracak bitki örtüsü parametrelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir (Wei ve ark., 2021).

Tez çalışması kapsamında, Ordu kent merkezi ve yakın çevresinde KIA etkisinin zamansal ve mekânsal karakteri ortaya konulduktan sonra bu etkiyi azaltma noktasında parkların rolü tartışılmıştır. Bu bağlamda, Ordu kent merkezinde seçilen parkların serinletme performansı ve bu performansı etkileyen faktörler değerlendirilmiştir. Parkların serinletme performansları “serinletme etkisi metrikleri” kullanılarak araştırılmış, parkların fiziksel özellikleri ile parklardaki ağaç varlığına ilişkin özellikler de serinletme performansları üzerinde etkili olan parametreler olarak incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde kullanılacak parametreler Şekil 3.9’da verilmiştir. Parkların sağladığı serinletme etkisinin gücü ve etki alanı “Serinletme Aralığı (Cooling Range)” ve “Sıcaklık Düşüş Genliği (Temperature Drop Amplitude)” değişkenleri ile ortaya konulmuştur. Parkların serinletme performansının yıl içindeki değişimi de mevsimsel olarak incelenmiştir.

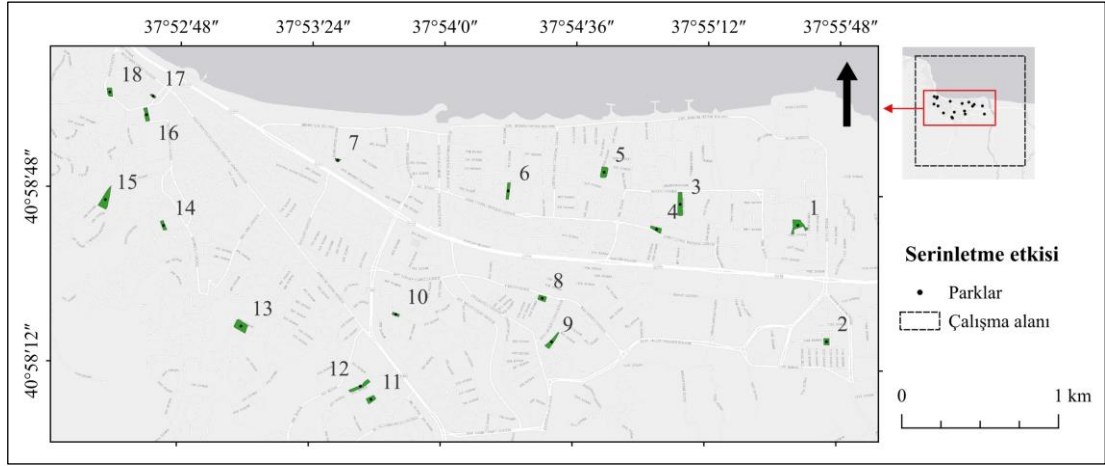
Parktaki ağaç varlığı ile serinletme performansı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ise 8 adet değişken kullanılacaktır. Bunlar “ağaç türleri”, “parktaki tür zenginliği”, “ağaç çeşitliliği”, “ağaç örtüsü”, “parktaki ağaç yoğunluğu”, “ağaçların boy ortalaması”, “ağaçların göğüs yüksekliğindeki çap ortalaması” ve “tepe tacı genişliği ortalaması” değişkenleridir. Bu değişkenlerin bir bölümü doğrudan saha çalışması ile ölçülmüş diğer bir bölümü de belirli matematiksel hesaplamalar kullanılarak ortaya konulmuştur.



Şekil 3.9 Parkların Serinletme Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılacak Parametreler

3.2.8.1 Uygun Parkların Seçilmesi

Ordu kent merkezinde çeşitli büyüklükte 80 adet park bulunmaktadır. Parkların serinletme etkisinin belirlenebilmesi için bunlar içinden 18 adet park seçilmiştir. Parkların seçilmesinde gözetilen kriterler; denize ya da akarsulara en az 200 m uzaklıkta yer almaları ve çevrelerinin büyük oranda konut ya da sanayi yapıları ile çevrili olmasıdır. Deniz ya da akarsu gibi su yapıları yerel mikro iklimsel koşullar üzerinde etkili olduğundan parkların serinletme etkisini değiştirebilmektedir (Peng ve ark., 2021). Malezya'nın Sarawak bölgesinde su yapılarının serinletme etkisini analiz eden bir araştırmada, su kütlesinin AYS'yi azaltmadaki etkisinin 200 metre ve altındaki mesafelerde etkili olduğu ortaya konulmuştur (Kemarau ve Eboy, 2020). Söz konusu etkiyi minimize etmek adına, seçilen parkların deniz ve akarsu gibi su yapılarına en az 200 m uzaklıkta olmasına dikkat edilmiştir. Parkların çevrelerindeki alan üzerindeki serinletme etkisinin net bir şekilde ölçülebilmesi için konut ya da sanayi yapılarının merkezinde yer almaları istenmiştir. Bu kriterler doğrultusunda değerlendirmeye alınan parkların kent merkezi içindeki konumları Şekil 3.10'da verilmiştir.

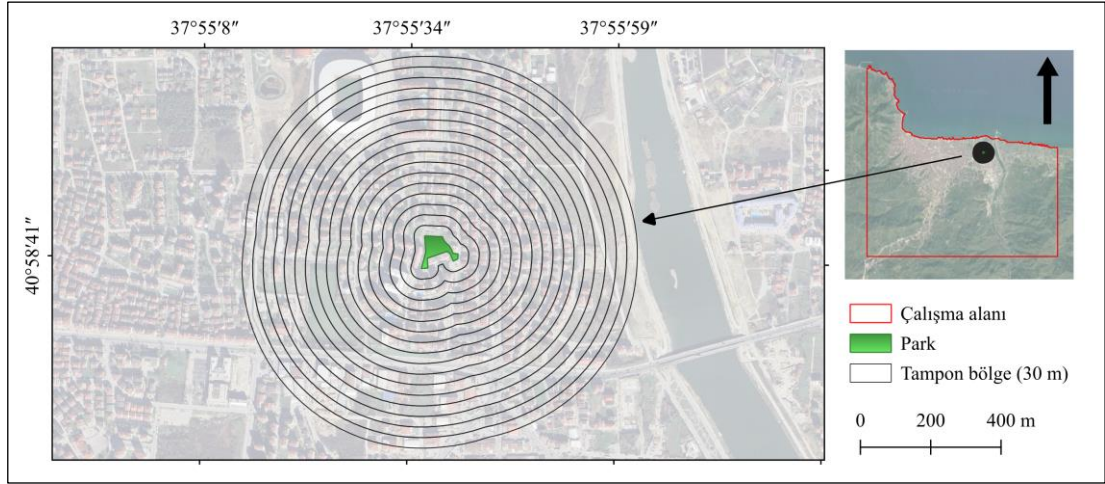


Şekil 3.10 Serinletme Etkisinin Değerlendirildiği Örnek Parklar

3.2.8.2 Serinletme Etkisi Metrikleri

Parklar tarafından sağlanan serinletme etkisi, parkın ortalama yüzey ya da hava sıcaklığı ile parkın yakın çevresinde ölçülen sıcaklıklar arasındaki farka göre belirlenmektedir. Parkların bulundukları kentsel alanlardaki serinletme etkisinin nicel olarak incelenebilmesi için “serinletme etkisi metrikleri” adı verilen birtakım parametreler geliştirilmiştir. İlgili literatürdeki çalışmalara bakıldığında bunların; serinletme aralığı (Cooling Range, CR) ve sıcaklık düşüş genliği (Temperature Drop Amplitude, TDA) olmak üzere temelde iki parametreye indirgenebildiği görülmüştür (Du ve ark., 2016; Wang ve ark., 2018; Pramanik ve Punia, 2019; Wang ve ark., 2021).

Serinletme aralığının değerlendirilebilmesi için her parkın sınırından itibaren 30 m genişliğinde 17 adet (510 m) tampon bölge oluşturularak bu bölgelerin ilgili mevsimdeki ortalama AYS değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.11). Ardından parka olan uzaklığın yatay ekseninde ve AYS ortalamalarının düşey ekseninde gösterildiği bir grafik oluşturulmuştur. Serinletme aralığı (SA), bu grafikte AYS’deki ilk belirgin değişimin gerçekleştiği noktanın parkın sınırına olan uzaklığıdır (Du ve ark., 2017; Qiu ve Jia, 2020). Serinletme aralığının görece daha yüksek olması parkın serinletme etkisinin daha geniş bir alana yayılabildiğini göstermektedir. Serinletme mesafesinin birimi metredir. Sıcaklık düşüş genliği (SDG) ise parkın ortalama AYS’si ile serinletme aralığına karşılık gelen noktada ölçülen ortalama AYS arasındaki sıcaklık farkına karşılık gelmektedir. SDG değerinin büyük olması parkın serinletme gücünü göstermektedir. Sıcaklık düşüş genliğinin birimi °C’dir.

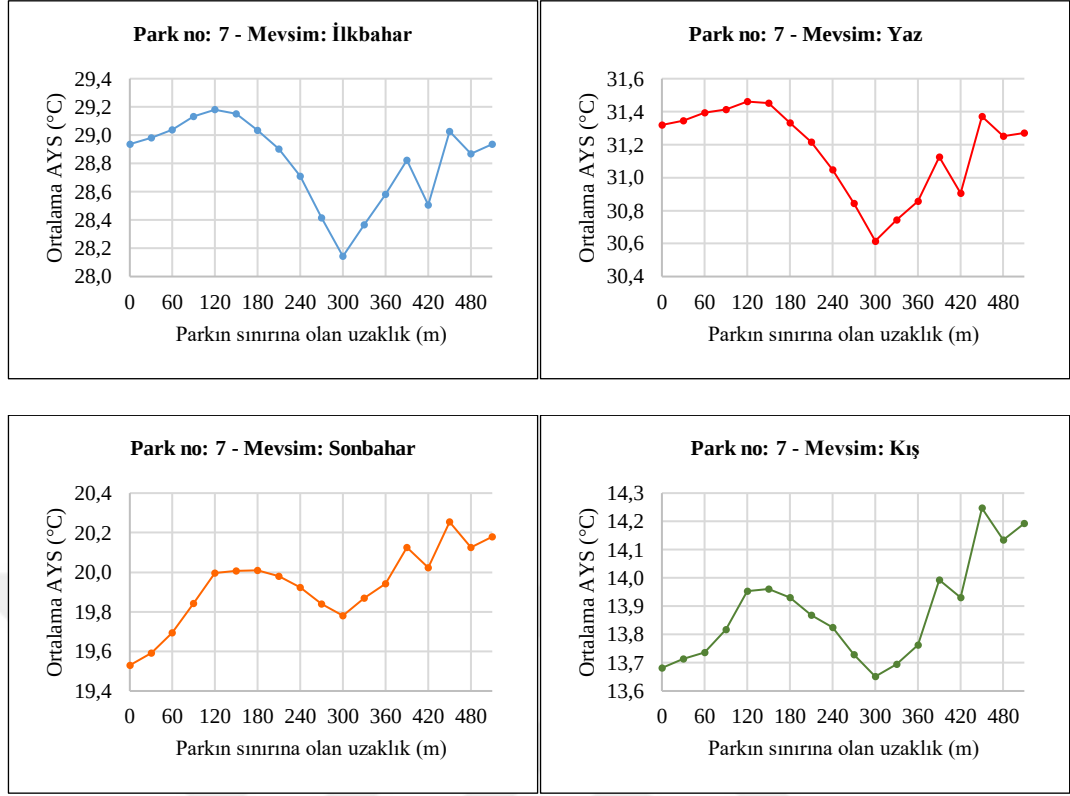


Şekil 3.11 Örnek Bir Parkın Etrafında 30 m Aralıkla Oluşturulmuş Çoklu Dairesel Tampon Bölgeler

Şekil 3.12’de, 7 numaralı parkın dört mevsimdeki serinletme performansı örnek olarak verilmiştir. Parkın ilkbahar mevsimindeki serinletme aralığı 120 m’dir. Serinletme aralığı olarak belirlenen noktadaki ortalama AYS değeri ile parkın ortalama AYS değeri (0 noktasında değer) arasındaki fark ise parkın sıcaklık düşüş genliği olarak tanımlanmaktadır. Örneğin; 7 numaralı parkın serinletme aralığı olan 120 m’deki ortalama AYS değeri 29.2°C iken parkın ortalama AYS değeri 28.9°C’dir. Bu durumda, iki değer arasındaki fark olan 0.3°C ilgili parkın sıcaklık düşüş genliği değeridir. Özetle; 7 numaralı park sayesinde ortalama yüzey sıcaklığı, ilkbahar mevsiminde, parkın sınırından itibaren 120 metrelik bir mesafede 0.3°C kadar düşmektedir.

3.2.8.3 Parklara İlişkin Fiziksel Metrikler

Parkların fiziksel özellikleri ve morfolojilerinin serinletme performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma yapılmıştır (Sun ve ark., 2012; Feyisa ve ark., 2014; Jaganmohan ve ark., 2016; Cheng ve ark., 2019; Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023). Park büyüklüğü (Feyisa ve ark., 2014; Jaganmohan ve ark., 2016; Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023), parkın çevre uzunluğu (Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023), parkın çevre-alan oranı (Sun ve ark., 2012; Feyisa ve ark., 2014) ve peyzaj şekil indeksi (Sun ve ark., 2012; Cheng ve ark., 2019; Yao ve ark., 2022) parkların morfolojisi hakkında nicel karşılaştırmalar yapmaya olanak vermektedir. Çalışma kapsamında, parklara ilişkin fiziksel metrikler aşağıda detaylandırıldığı üzere hesaplanmıştır.



Şekil 3.12 Ortalama AYS Değerlerinin Örnek Bir Parkın Sınırına Olan Uzaklığa Göre Değişimi

Park büyüklüğü: Parkların serinletme performansını etkileyen faktörlere odaklanan çalışmalar, büyüklüğünün parkların serinletme etkisi üzerinde doğrudan etkili olduğunu vurgulamaktadır (Feyisa ve ark., 2014; Jaganmohan ve ark., 2016; Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023). Feyisa ve ark., (2014) parkların serinletme performansının park büyüklüğü ile doğru orantılı olarak arttığını ifade etmiştir. Bir başka araştırmada da park büyüklüğü arttıkça serinletme etkisinin logaritmik olarak arttığı görülmüştür (Cheng ve ark., 2015). Bununla birlikte parkların serinletme performansının belirli bir büyüklüğe kadar artış gösterdiğini ve bir noktadan sonra ise serinletici etkilerin azaldığını iddia eden çalışmalar da mevcuttur (Jaganmohan ve ark., 2016). Bu bağlamda, Ordu kent merkezindeki parkların büyüklükleri ile serinletme performansları arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Parkın çevresi: Parkların serinletme performansı üzerinde etkili olan faktörleri sorgulayan çalışmalardan bazıları, park çevre uzunluğunun artması ile serinletme performansının da arttığını göstermiştir (Yao ve ark., 2022; Feng ve ark., 2023). Çin'in Fuzhou kentinde yürütülen bir çalışmada; parkın çevresi, park

büyükülüğü ile birlikte parkların serinletme performansını etkileyen ana faktörlerden biri olarak bulunmuştur (Yao ve ark., 2022). Yine Çin'deki Chengdu kentinde yapılan bir başka araştırmada, parkların serinletme etkileri ile çevre uzunlukları arasında pozitif yönlü korelasyon olduğu görülmüştür (Feng ve ark., 2023). Bu doğrultuda, Ordu kent merkezindeki parkların çevre uzunlukları ile serinletme performansları arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Çevre-alan oranı: Parkların büyüklükleri ve çevreleri ölçüldükten sonra şekil karmaşıklığının bir göstergesi olarak çevre-alan oranı hesaplanmaktadır (Sun ve ark., 2012; Feyisa ve ark., 2014). Yapılan bir araştırmada çevre-alan oranı ile parkın serinletme etkisinin ters orantı gösterdiği bulunmuştur (Li ve ark., 2020). Bununla birlikte; Chen ve ark., (2014) bu metriğin matematiksel olarak tutarsız ve problemli sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Literatürde tartışılan bu konuya katkı sunabilmek için çalışma alanı içindeki parkların çevre-alan oranları ile serinletme etkileri arasındaki ilişki test edilmiştir.

Peyzaj Şekil İndeksi - PŞİ (Landscape Shape Index, LSI): Parkların biçimsel karmaşıklığı arttıkça ortalama yüzey sıcaklığının azaldığını (Zhou ve ark., 2011) bildiren çalışmaların yanı sıra karmaşıklığın parkın serinletme performansı ile ilişkili olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Han ve Cai, 2016). Peyzaj şekil indeksi (PŞİ), bir parkın biçimsel karmaşıklığı hakkında bilgi veren önemli parametrelerden biridir (Sun ve ark., 2012; Cheng ve ark., 2019; Yao ve ark., 2022). İndeks aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Shah ve ark., 2021; Yao ve ark., 2022):

$$PŞİ = \frac{L}{2 \times \sqrt{\pi \times A}} \quad (3.12)$$

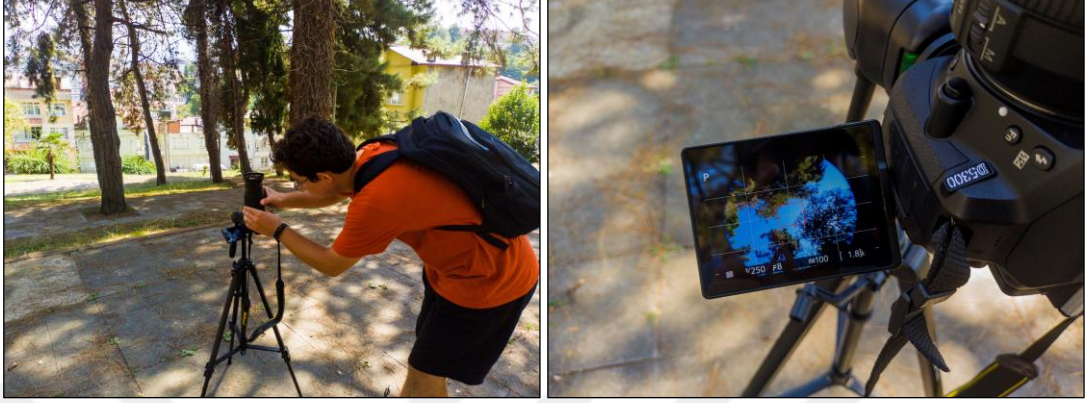
Formülde L parkın çevresini, A ise parkın alanını ifade etmektedir. Bu formül matematiksel olarak karmaşıklığı en düşük şeklin daire olduğu varsayımına dayanarak oluşturulmuştur. Dolayısıyla bir park kusursuz bir daire biçiminde olduğunda PŞİ değeri 1, tam bir kare biçimde olduğunda ise yaklaşık 1.13 olarak hesaplanmaktadır. PŞİ ile park şeklinin karmaşıklığı doğru orantılıdır. PŞİ değeri arttıkça park sınırının geometrik açıdan daha karmaşık bir şekle sahip olduğu anlaşılır (Sun ve Chen, 2012; Yao ve ark., 2022).

Gökyüzü görünürlük oranı (Sky View Factor, SVF): Gökyüzü görünürlük oranı (GGO), kentsel iklim araştırmaları ve planlama uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılan önemli bir parametredir (Miao ve ark., 2020). Türkçe literatürde bu parametreyi kullanan çalışmalara bakıldığında; gökyüzü görüş faktörü (Gülten ve Aksoy, 2010), gök görüş oranı (Çiçek ve Doğan, 2005), gökyüzünü görme faktörü (Canan, 2017) ve gökyüzü görünürlük oranı (Dursun ve Yavaş, 2017; Yavaş ve Yılmaz, 2019; Sarı ve Yılmaz, 2023) gibi çeviri farklılıklarından kaynaklanan varyasyonlar görülmektedir. Bu çalışmada, daha geniş bir kullanıma sahip olan “Gökyüzü Görünürlük Oranı (GGO)” ifadesi tercih edilmiştir.

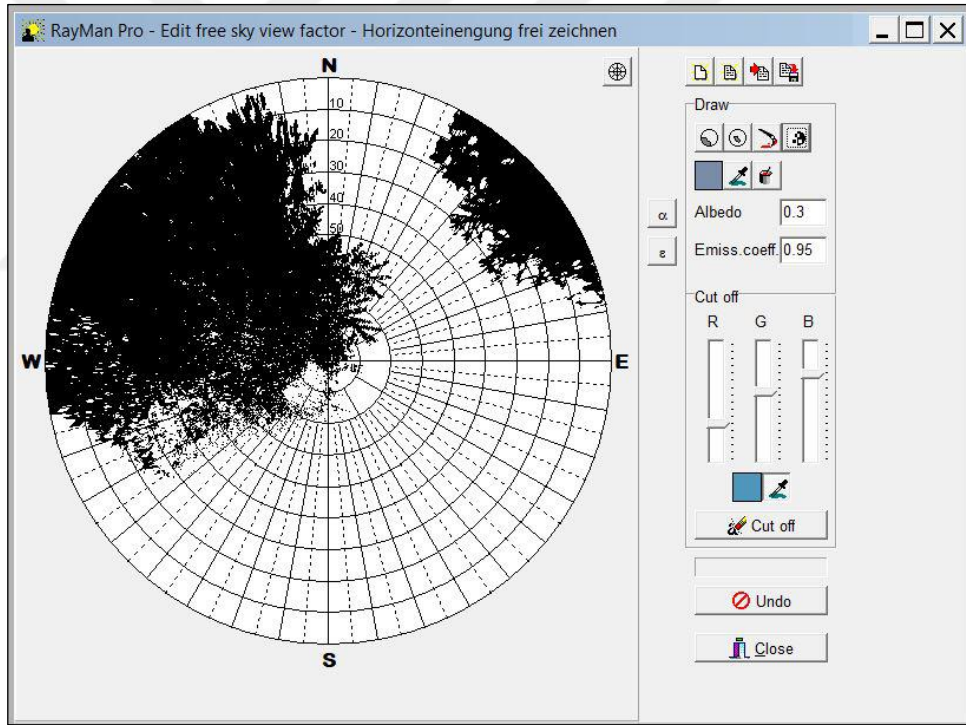
GGO, görünür gökyüzü ile bina ya da ağaçlar tarafından engellenen alanlar arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Lin ve ark., 2012; Algeciras ve Matzarakis, 2016; Nouri ve ark., 2017). Söz konusu oran; kentsel alanlardaki yüzeysel ısı dengesini, hava kirliliğini ve mikro iklimsel koşulları etkileyen önemli bir etkidir (He ve ark., 2015; Venhari ve ark., 2019). GGO değerleri, 0 ile 1 arasında değişmektedir. 0 değeri; gökyüzünün hiç görülmediği, bütünüyle yapı ya da ağaç gibi öğelerle engellenmiş durumu ifade etmektedir. Tersî şekilde; GGO değerinin 1 olması görüntüde hiç bir sınırlayıcı unsur olmaksızın tamamen gökyüzünün görülebildiği durumdur. Gökyüzünün sınırlanması, ısıнын yapı içinde depolanmasını artırarak KIA etkisine neden olmaktadır. Binalar gibi ağaçlar da gökyüzünün görünürlüğünü kısıtlayarak GGO değerini düşürse de bünyelerinde yüksek miktarda ısı depolamazlar (Klemm ve ark., 2015; van der Hoeven ve Wandl, 2015). GGO; yenilenebilir enerji kullanımı (Tanu ve ark., 2021), dış mekândaki termal konfor düzeyi (Wang ve Akbari, 2014; He ve ark., 2015), KIA etkisi çalışmaları (Shaker ve Drezner, 2010; Zhu ve ark., 2013; Lee ve Levermore, 2019) gibi kent iklimi bağlamında yürütölmüş pek çok araştırmada uygulanmıştır.

GGO, farklı veri türlerinden hesaplanabilmekle birlikte, balık gözü fotoğraflar yaygın olarak kullanılmaktadır (Matzarakis ve Matuschek, 2011; Middel ve ark., 2018; Yılmaz ve ark., 2021). Bu çalışmada da balık gözü fotoğraflar üzerinden GGO değerleri hesaplanmıştır. Fotoğraflar, tripod üzerine yerleştirilen Nikon D5300 fotoğraf makinesi ve Raypro 67 mm 0.25x Super HD balıkgözü + 12.5 makro lens kullanılarak çekilmiştir (Şekil 3.13). Fotoğraflar çekilirken; lensin yerden yüksekliği 1.1 m olacak şekilde ve fotoğrafın üst bölümü kuzeyi gösterecek şekilde ayarlanmıştır.

Çekilen fotoğraflar bitmap formatına dönüştürülerek Rayman PRO 3.1 Beta yazılımına aktarılmış (Şekil 3.14) ve GGO değerleri elde edilmiştir (Matzarakis ve Rutz, 2005).



Şekil 3.13 Balıkgözü Lens Kullanılarak Fotoğrafların Çekilmesi



Şekil 3.14 Rayman Pro’da GGO Değeri 0.651 Olan Bir Balıkgözü Fotoğraf

Parklar için minimum çekilmesi gereken fotoğraf sayısı parkların büyüklüğüne göre belirlenmiştir. Çalışmada değerlendirilen parkların büyüklükleri göz önünde bulundurularak her 500 m² için 1 fotoğraf olacak şekilde asgari fotoğraf sayısı hesaplanmıştır. Örneğin büyüklüğü 1631 m² olan bir park içinde çekilmesi gereken minimum fotoğraf sayısı 4’tür (Çizelge 3.6). Bu sayı arazi çalışmaları sırasında, parktaki GGO varyasyonunu en iyi temsil edecek şekilde artırılmıştır.

Çizelge 3.6 GGO Değerinin Hesaplanmasında Kullanılan Fotoğraf Sayıları

Park no	Mahalle	Büyüklik (m ²)	Çekilmesi gereken minimum fotoğraf sayısı	Çekilen fotoğraf sayısı
P1	Durugöl	4112	9	10
P2	Karapınar	1443	3	4
P3	Akyazı	4162	9	10
P4	Akyazı	1755	4	6
P5	Akyazı	2694	6	8
P6	Akyazı	1910	4	5
P7	Bahçelievler	543	2	6
P8	Karşıyaka	1631	4	7
P9	Karşıyaka	2667	6	6
P10	Şirinevler	779	2	6
P11	Şahincili	1884	4	7
P12	Şahincili	2719	6	10
P13	Şahincili	4433	9	15
P14	Bucak	1332	3	7
P15	Selimiye	5174	11	15
P16	Selimiye	2067	5	6
P17	Düz	552	2	4
P18	Saray	1623	4	6

Parkın ortalama yükseltisi: Parkların denizden ortalama yükseltileri ile serinletme etkileri arasında anlamlı ilişkiler görülebilmektedir. Çin'in Chongqing kentinde yürütülen bir araştırmada parkların rakımları ile serinletme etkilerinin yoğunluğu arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür (Lu ve ark., 2012). Dolayısıyla diğer değişkenlerden bağımsız olarak, bir parkın yükseltisi arttıkça serinletme alanı ve serinletme gücünün artması beklenmektedir. Parklara ilişkin ortalama yükselti değerleri coğrafi bilgi sistemleri yazılımında, sayısal yükseklik modeli (SYM) üzerinden hesaplanmıştır. Bunun için, park alanı içerisine giren tüm yükseklik değerleri piksel düzeyinde çıkarılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır.

Parkların denize uzaklığı: Kentlerde iklim, diğer birçok faktör ile birlikte arazi kullanım türü, topografya ve su yapılarına olan uzaklık ile ilişkilidir (Svensson, 2002). Bir kıyı kenti olan Ordu'da deniz, kent iklimi üzerinde oldukça etkilidir. Bu nedenle, parkların serinletme performansları ile denize olan uzaklıkları arasındaki ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir. Parkların denize olan uzaklıklarının ölçülmesinde coğrafi bilgi sistemleri yazılımından yararlanılmıştır. Parkların ağırlık merkezleri ile deniz arasındaki Öklidyen mesafe ölçülerek, istatistiksel analizde kullanılmak üzere kaydedilmiştir.

3.2.8.4 Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler

Parkların sağladığı serinletme etkisi ile parktaki bitki örtüsü özellikleri arasında önemli bir ilişki söz konusudur (Hardin ve Jensen, 2007; Cao ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2011; Gage ve Cooper, 2017; Wang ve ark., 2021). Yapılan çalışmalar parkların çevreleri üzerindeki serinletici etkilerinin büyük oranda ağaç varlığından kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Lee ve ark., 2016). Bu nedenle parklardaki ağaç kompozisyonu hakkında bilgi veren birtakım parametreler ile parkların serinletici etkileri arasındaki ilişkiye bakılmalıdır. Bu noktada çalışma kapsamında kullanılmak üzere temel olarak 8 parametre belirlenmiştir (Jaganmohan ve ark., 2016; Wang ve ark., 2018; Wang ve ark., 2021):

Ağaç türleri: Ağacın türüne ve yaşına bağlı olarak değişen yaprak ve dallanma yapısı, ağaç büyüklüğü ve ağacın transpirasyon (terleme) karakteristiği gibi özellikler, ağaçların serinletme performansı üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir (Rahman ve ark., 2020). Bu nedenle KIA etkisini hafifletmek için en uygun ağaç türlerinin seçimi parkların serinletme etkilerine olumlu katkılar sunabilmektedir. Parkların serinletme etkileri ile ağaç türleri arasında ilişki olup olmadığının araştırılması için, seçilen parklardaki ağaç türleri teşhis edilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Parklardaki Ağaç Türlerinin Teşhis Edilmesi

Parklardaki ağaç türü zenginliği: Tür zenginliği, çeşitlilikten farklı olarak kabaca bir alandaki toplam tür sayısını ifade etmektedir. Çin'in Changzhou kentindeki 15 yeşil alan örneğinde yürütülen bir araştırmada, yeşil alandaki farklı ağaç türlerinin

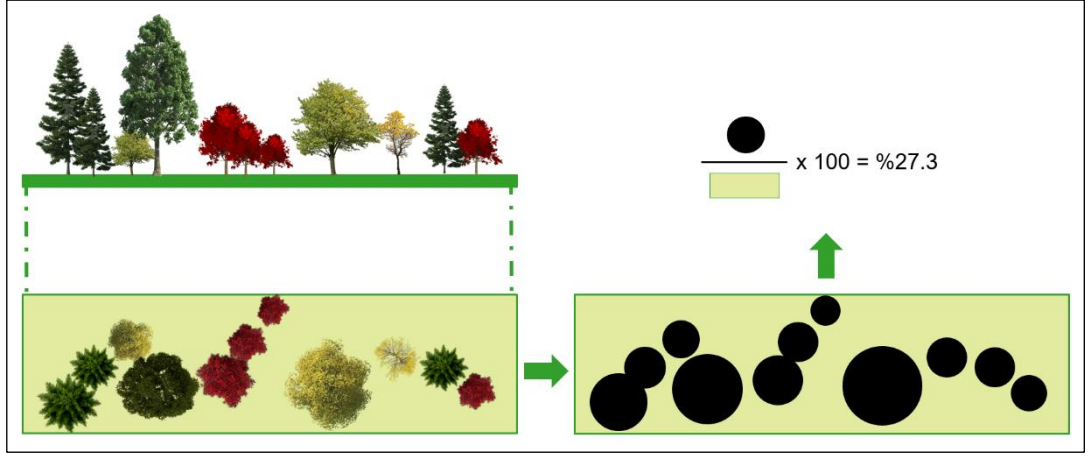
sayısı ile yeşil alanın serinletme etkisi arasında pozitif ilişki bulunduğu tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2021). Bu nedenle, örnek parklardaki ağaç türü zenginliği ile serinletme etkisi arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Parklardaki ağaç çeşitliliği: Parkların serinletme etkisini artırmanın ve bu yolla KIA etkisinden kaynaklanan olumsuzlukları azaltmanın en etkili yollarından biri parklardaki bitki topluluğu çeşitliliğinin optimize edilmesidir (Tang ve ark., 2017). Wang ve ark., (2021) KIA etkisinin azaltım stratejisinin önemli bir bileşeni olarak yeşil alanlardaki ağaç çeşitliliğine vurgu yapmaktadır. Bu çalışma kapsamında, her bir parktaki ağaç türleri ve bu türlere ait birey sayıları kaydedilmiştir. Böylece parklardaki ağaç çeşitliliği nicel olarak ortaya konulmuş ve serinletme metrikleri ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Ağaç çeşitliliğinin hesaplanmasında türlerin nispi bolluğu üzerine kurulu olan Shannon-Wiener indeksi kullanılmıştır (Shannon, 1948). İndeks aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Formülde H , Shannon-Wiener indeks değerini; p_i , türlerin nispi bolluğunu ve s , tür sayısını ifade etmektedir. Teorik olarak indeks değeri arttıkça söz konusu alandaki ağaç çeşitliliği de artmaktadır.

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (3.13)$$

Ağaç örtüsü (%): Yapılan araştırmalar, ağaç örtüsü ile sıcaklık düşüş genliği (TDA) arasında pozitif yönlü ve AYS ile negatif yönlü korelasyonlara işaret etmektedir (Wang ve ark., 2018; Wang ve ark., 2021). Bu ilişkilerin varlığı, bir parktaki ağaç örtüsünün yüzde olarak artması ile çevresindeki sıcaklıkları daha çok düşürebileceği anlamına gelmektedir. Öyle ki, ağaç örtüsündeki her %10'luk artış, yeşil alanın çevresindeki yüzey sıcaklıklarının 0.31°C düşmesine neden olmaktadır (Wang ve ark., 2021).

Ordu kent merkezinde yer alan parklardaki ağaç örtüsü oranının parkların serinletme performansına katkı sunabilme olanağı değerlendirildiğinde benzer bulguların ortaya çıkması durumunda, mevcut parklardaki ağaç örtüsü oranlarının artırılması yoluyla parkların serinletme performansları da artırılabilir. Bu nedenle çalışma alanı içinde tüm parklar için ağaç örtüsü oranı yüzde olarak çıkarılmıştır. Her bir park için güncel uydu görüntüleri üzerinden ağaçlar işaretlenerek toplam ağaç örtüsünün tüm park alanına oranı hesaplanmıştır (Şekil 3.16).



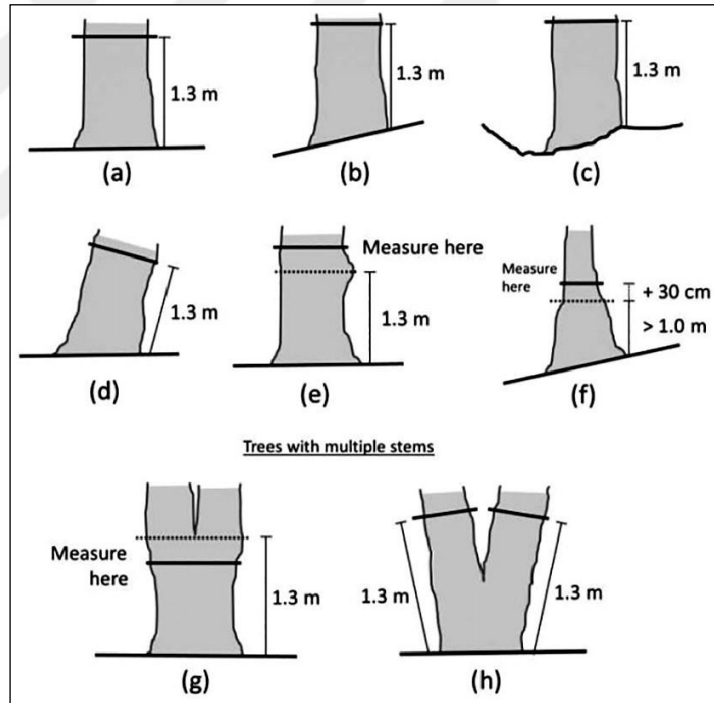
Şekil 3.16 Örnek Bir Park İçin Ağaç Örtüsünün (%) Hesaplanması

Ağaç yoğunluğu (ağaç/ha): Parkların serinletme performansını etkileyen önemli faktörlerden biri de ağaç yoğunluğudur. Ağaç yoğunluğu, birim alanda bulunan ağaç sayısı olarak tanımlanmaktadır. Manchester’da yapılan bir simülasyon çalışmasında yetişkin ağaçların kaldırımlarda ölçülen yüzey sıcaklığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kaldırımlarda yetişkin ağaç yoğunluğunun %5 artırılması ile yüzey sıcaklığında 1°C düşüş görülmüştür (Skelhorn ve ark., 2014). Bir başka araştırmada, hipotetik bir parktaki ağaç yoğunluğunun hektar başına 45 ağaç olması durumunda ortalama yüzey sıcaklığını 4.8°C’ye kadar düşürebildiği görülmüştür (Vidrih ve Medved, 2013). Bu bağlamda; araştırma kapsamında belirlenen parklar için hektar başına düşen ağaç sayısı hesaplanmıştır.

Göğüs Yüksekliği Çapı - GYÇ (DBH) ortalaması (cm): Göğüs yüksekliği çapı daha büyük ağaçlar genellikle daha büyük taçlara sahiptir ve daha fazla evapotranspirasyon yapmaktadır (Zhang ve Zhao, 2022). Bu nedenle DBH ortalamasının yüksek olduğu parklarda serinletme performansının düşük DBH ortalamasına sahip parklara göre daha yüksek olması beklenir. DBH ortalaması ve parkların serinletme performansları arasındaki ilişkinin sorgulanabilmesi için arazi çalışması boyunca parklar içindeki ağaçların DBH değerleri mezura ile ölçülen (Şekil 3.17) gövde çevresi değerlerinin pi (Π) sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir (çevre / Π = 2r = çap). Ölçümler Şekil 3.18’deki ölçüm standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.17 Ağaçların Göğüs Yüksekliğindeki Gövde Çevresinin Ölçülmesi

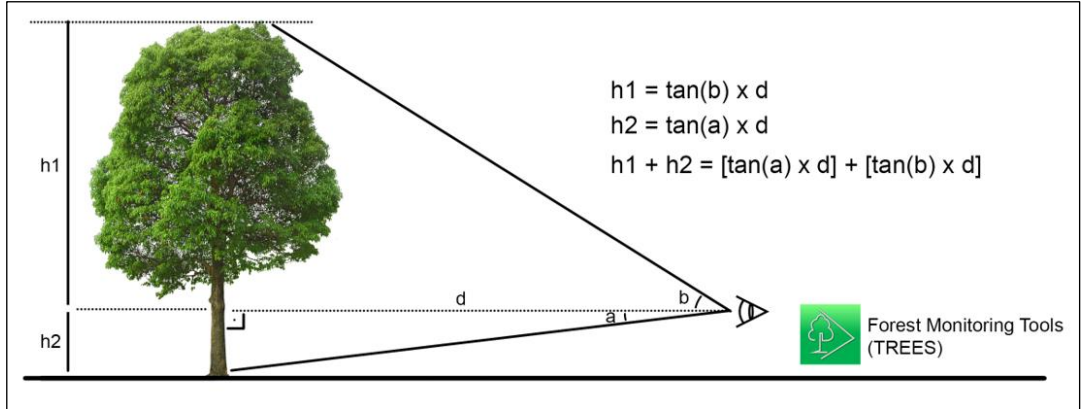


Şekil 3.18 Göğüs Yüksekliği Çapı (DBH) Ölçüm Standartları (Mononen ve Pitkänen, 2016)

Boy ortalaması (m): Çin'in Changchun kentinde yürütülen bir araştırmada ağaç boyunun, serinletme etkisi büyüklüğünü belirleyen en önemli faktörlerden biri olduğu tespit edilmiştir (Tang ve ark., 2017). Buna karşılık, bir başka araştırmaya göre ağacın boyu ile yeşil alanların serinletme etkisi arasında anlamlı bir ilişki yoktur

(Wang ve ark., 2021). Teorik olarak bir parkın daha yüksek boy ortalamasına sahip olması daha yaşlı ağaçların varlığına işaret ettiğinden, görece daha yoğun bir gölgeleme olanağı sunabilir. Artan gölgeleme etkisi ile birlikte parkta daha etkili bir serinletme performansı görülebilir. Bu nedenle, Ordu kent merkezinde yer alan parklardaki ağaçların boy ortalamasının serinletme performansına katkı sunup sunmadığı analiz edilmiştir.

Ağaçların boyu, Android tabanlı bir mobil uygulama olan ve Forest Monitoring Tools araçları içinde yer alan Trees v4.1.8 ile ölçülmüştür. Uygulamanın hesaplama algoritması Şekil 3.19'daki geometriye dayanmaktadır. Ölçüm, boyu ölçülmek istenen ağacın en alt ve en üst bölümünün görülebileceği bir noktadan yapılmaktadır. Ağacın en üstü ve en altı ile bakış düzlemi arasındaki açılar (şekildeki a ve b açıları) işaretlenmektedir. Gözlem noktasının ağaca olan uzaklığı (yani d değeri), Leica DISTO™ D5 lazer metre ile ölçülerek uygulamadaki parametre bölümüne girilmiştir (Şekil 3.20). Gözlem noktasının ağaca olan dik uzaklığı (d) ile söz konusu açıların tanjantlarının çarpımı h1 ve h2 yüksekliklerini vermektedir. Bu iki yükseklik değerinin toplamı ise ağacın boyuna karşılık gelmektedir. Uygulama yardımıyla kameradan ağacın üst ve alt bölümü görüldüğünden açılar işaretlenip, yatay mesafe değeri girilerek ağaçların boyları doğrudan hesaplanmış ve kaydedilmiştir.



Şekil 3.19 Ağaç Boyunun Mobil Uygulama ile Hesaplanması



Şekil 3.20 Ağaçlara Olan Yatay Mesafenin Lazer Metre ile Ölçülmesi

Taç genişliği ortalaması (m): Ağaçların kendilerine özgü taç boyutları, gölgelenecek zemin alanını ve gölgeleme süresini belirlediğinden, serinletme etkisinin büyüklüğünde önemli rol oynamaktadır (Speak ve ark., 2020). Ağaçların taç genişlikleri şerit metre yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Ardından her bir park için taç genişliği ortalaması, diğer parametrelerle ilişkilendirilmek üzere aritmetik ortalama olarak hesaplanmıştır.

3.2.9 İstatistiksel Analiz

3.2.9.1 Tanımlayıcı İstatistiklerin Hesaplanması

Araştırmanın çeşitli aşamalarında AYS değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Bunlar; minimum, maksimum, ortalama (aritmetik ortalama) ve standart sapma değerleridir. Minimum değer, bir veri setindeki sayısal olarak en küçük değere karşılık gelirken; maksimum ise en büyük değerdir. Aritmetik ortalama aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (3.14)$$

Burada; μ aritmetik ortalamayı, x_i veri setindeki her bir rakamsal veriyi ve N ise toplam veri sayısını ifade etmektedir. Aritmetik ortalama; veri setindeki tüm veriler toplandıktan sonra elde edilen toplamın veri sayısının bölünmesi ile elde edilmektedir.

Standart sapma (σ) değeri aşağıdaki eşitlik ile elde edilmektedir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (3.15)$$

Burada; μ aritmetik ortalamayı, x_i veri setindeki her bir rakamsal veriyi ve N ise toplam veri sayısını ifade etmektedir. Standart sapma; veri setindeki her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki farkın kareleri toplamının veri sayısına bölünmesi, ardından kare kökünün alınması ile elde edilmektedir.

3.2.9.2 Normallik Varsayımının Test Edilmesi

Araştırmada, uygun istatistiksel yöntemlerin seçilebilmesi için, birçok istatistiksel metodun temel varsayımlarından olan normallik varsayımının sağlanıp sağlanmadığına bakılmıştır. Normallik durumunun test edilmesinde Shapiro-Wilk testi (Shapiro ve Wilk, 1965) ya da basıklık-çarpıklık değerleri esas alınmıştır. Shapiro-Wilk testine göre; p değeri anlamlı olduğunda ($p < 0.05$) veri setinin normal dağılım göstermediği kabul edilmektedir. Bir başka yaklaşım olarak; çarpıklık değeri ± 1.0 ve basıklık değeri ± 2.0 aralığında ise verideki grupların normal dağılım gösterdiği kabul edilmektedir (George ve Mallery, 2010; Hair ve ark., 2013).

3.2.9.3 Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması

Ortalamları karşılaştırılan grupların sayısı iki ise bağımsız örneklem T testi ya da bu testin non-parametrik karşılığı olan Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Grup sayısı ikinin üzerinde ise One-way ANOVA ya da non-parametrik Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Ortalamalar bakımından birbirinden anlamlı şekilde farklılaşan gruplar post-hoc testleri belirlenmiştir. Uygun post-hoc testinin seçilmesinde varyansların homojenlik durumu belirleyici olmaktadır. Varyansların homojenliği Levene testi ile belirlenmiştir. Varyanslar homojen olduğunda, Tukey HSD testi; homojen olmadığına ise Fisher LSD testi tercih edilerek ortalamalar bakımından farklılaşan gruplar tespit edilmiştir.

3.2.9.4 Korelasyon Analizi

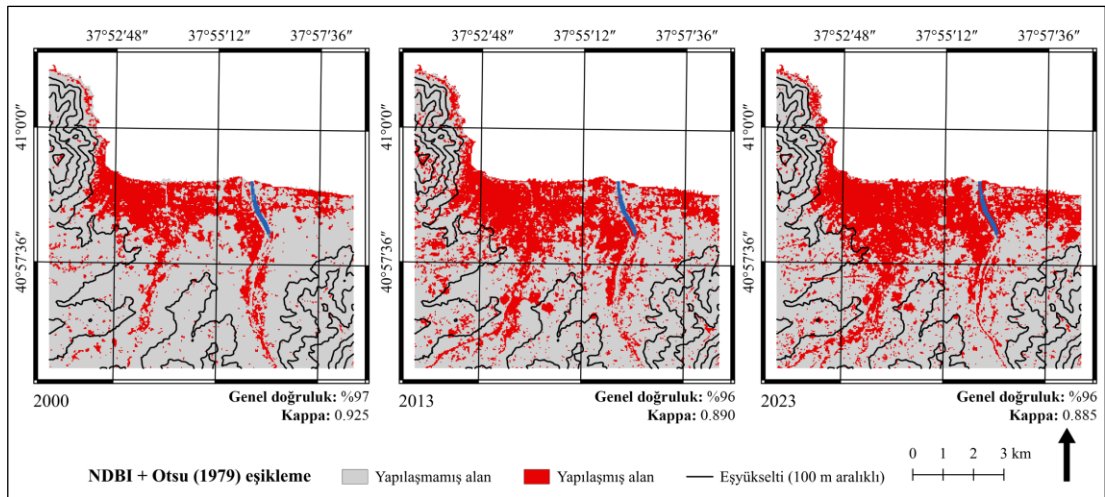
Sürekli veri formatındaki değişkenler arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Normallik varsayımı korelasyon analizinin seçiminde önemlidir. Verilerin normal dağılması durumunda Pearson, normal dağılmaması durumunda ise Spearman korelasyon analizi tercih edilmiştir. Korelasyon analizlerinin sonuçları; Python dilinin kullanımına olanak tanıyan Google Colab platformunda “Seaborn” kütüphanesi ve “heatmap” modülü kullanılarak korelasyon matrisi biçiminde görselleştirilmiştir (Waskom, 2021).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Yapılaşma ve Bitki Örtüsü Oranındaki Değişim

Çalışma alanındaki yapılaşma düzeyi; üç yıl için hesaplanan NDBI indeksi değerleri ve Otsu (1979) eşikleme metodu kullanılarak ortaya konulmuştur. Her bir yıl için eşik değerler hesaplanmış, söz konusu değerler üzerindeki alanlar “yapılaşmış alan” olarak tanımlanmıştır. 2000 yılı NDBI verisi için eşik değeri -0.113, 2013 yılı için -0.115 ve 2023 yılı için -0.113’tür.

Yapılaşmış alanların mekânsal dağılımında yıllar içinde meydana gelen değişim Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde yapılaşmış alanların, çalışma alanının doğu ve güney yönlerinde büyüme eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni kent merkezinin konumlandığı bölgenin topoğrafik yapısıdır. Kuzeyde Karadeniz’in ve batıda rakımı 500 m’yi aşan Boztepe’nin yer alması, kent merkezini 0-100 m rakım içindeki alanda sınırlayarak kentin burada gelişim göstermesine neden olmuştur. Yapılaşmış alanlardaki genişlemenin büyük oranda bu 0-100 m’lik zon içinde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.1). Yapılaşmış alanların oranı 2000 yılında %19.4 iken 2013 yılına gelindiğinde bu oran %29.5’e, 2023 yılında ise %32.1’e yükselmiştir (Çizelge 4.1). 2000 ve 2013 yılları arasındaki dönemde yapılaşmış alanlar %51.8 artarken, 2013’ten 2023’e %8.9 artmıştır. Yapılaşmış alanların 2000 ve 2023 yılları arasındaki 23 yıllık dönemdeki toplam artışı ise %65.3’tür (Çizelge 4.2).



Şekil 4.1 Yapılaşmış Alanların Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı

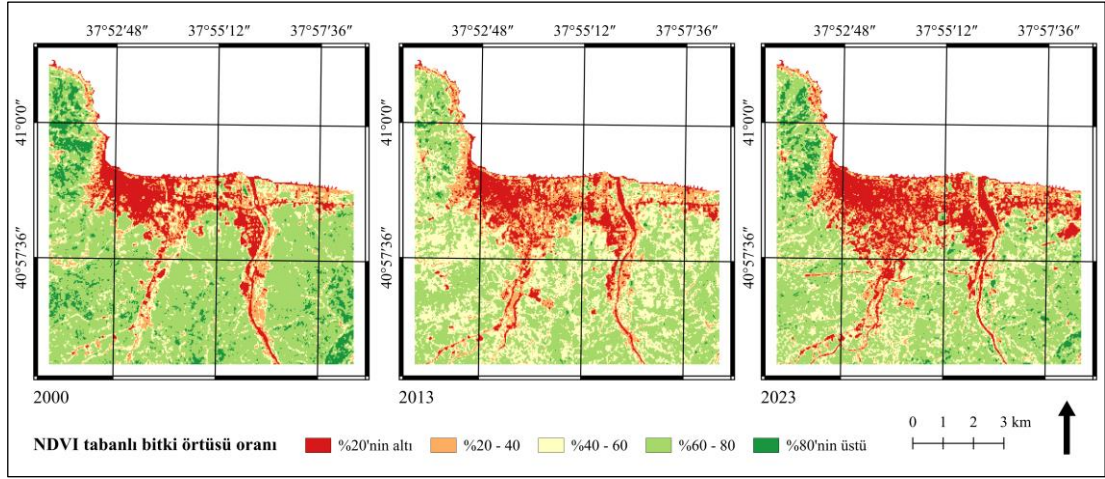
Çizelge 4.1 Yapılaşmış Alanların Oransal Değişimi

Yıl	Yapılaşmamış alan (%)	Yapılaşmış alan (%)	Toplam (%)
2000	80.6	19.4	100.0
2013	70.5	29.5	100.0
2023	67.9	32.1	100.0

Çizelge 4.2 Yapılaşmış Alanların Büyüklük Bakımından Değişimi

Değişim aralığı	Değişim (%)
2000 → 2013	+ 51.8
2013 → 2023	+ 8.9
2000 → 2023	+ 65.3

Çalışma alanı içinde yapılaşma artarken bitki örtüsü oranında da önemli bir azalma olması beklenmektedir. NDVI tabanlı olarak oluşturulan ve bitki örtüsü oranlarını yüzdelik olarak beş alt kategoride gösteren haritalar Şekil 4.2’de sunulmuştur. Kırmızı-turuncu renk ile temsil edilen ve bitki örtüsü oranının görece düşük olduğu bölgelerin yıllar içinde arttığı görülmektedir. Bitki örtüsü oranının %20’nin altında olduğu alanların oranı 2000 yılında çalışma alanının %10.5’ine karşılık gelirken 2013 yılında bu oran %11.2’ye, 2023 yılında ise %16.4’e çıkmıştır (Çizelge 4.3). Çalışma alanında, kentleşmenin artış trendini izlediği ve bitki örtüsü oranının giderek azaldığı görülmektedir. Söz konusu değişimler, yeryüzü ile güneş enerjisi arasındaki dinamik etkileşim sürecini doğrudan etkileyen yüzey karakteristiğinde de önemli değişimlere işaret etmektedir. Kentleşmenin artması; bitki örtüsü ile kaplı bazı alanların beton ve asfalt gibi geçirimsiz, güneşten gelen ısıyı bünyesinde hapseden materyallere dönüşmesi anlamına gelmektedir. Yapılan çalışmalar; bitki örtüsü oranının azalması, geçirimsiz yüzeylerin artması ve açığa çıkan antropojenik ısı gibi faktörlerin KIA etkisini yoğunlaştırdığını göstermiştir (Moss ve Kar, 2020; Palafox-Juárez ve ark., 2021). Bu durumun aksine kentlerde bitki örtüsünün arttırılması (Chen ve ark., 2019) ve mevcut bitki varlığının korunması (Chapman ve ark., 2018), ısı adalarının oluşumunu önleyerek KIA etkisini azaltmak için en etkili stratejilerden biri olarak tanımlanmıştır (Peng ve ark., 2011).



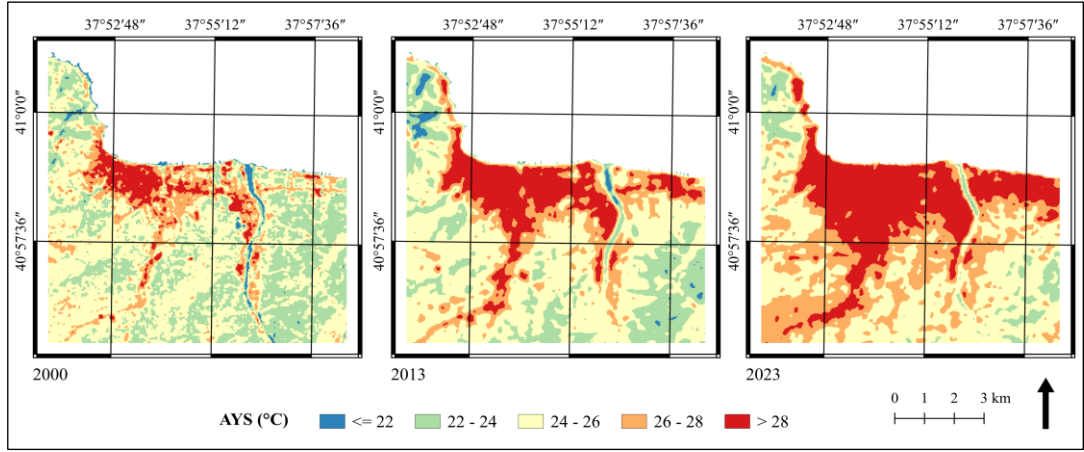
Şekil 4.2 Bitki Örtüsü Oranlarının Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı

Çizelge 4.3 Bitki Örtüsü Oranlarının Yıllara Göre Değişimi

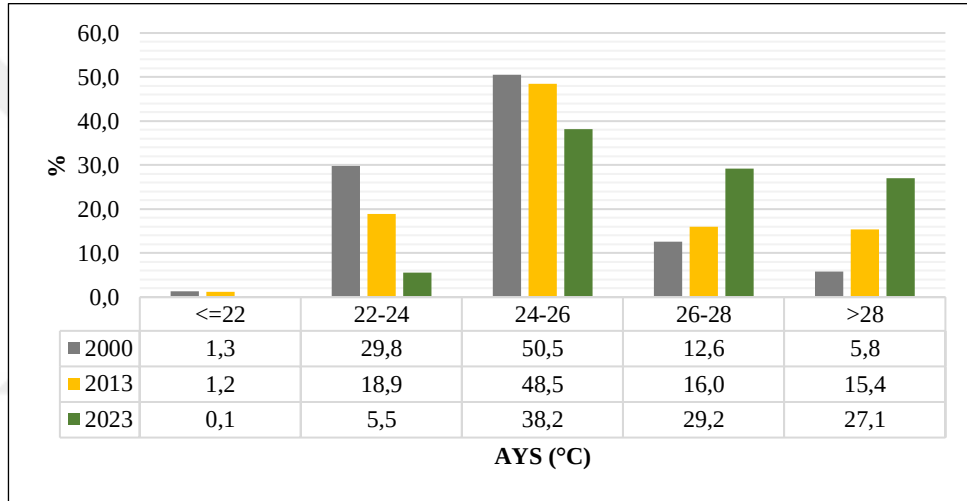
Yıl	Bitki örtüsü oranı					Toplam
	%20'nin altı	%20-40	%40-60	%60-80	%80'nin üstü	
2000	10.5	10.8	13.3	58.1	7.3	100.0
2013	11.2	14.8	33.7	39.6	0.7	100.0
2023	16.4	14.1	21.9	43.9	3.7	100.0

4.2 Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS)

2000 yılı için Landsat 7 ETM+ ve 2013-2023 yılları için Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılarak oluşturulan Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) haritaları Şekil 4.3'te verilmiştir. 2000 yılında yüksek AYS değerine sahip alanlar ($AYS > 28^{\circ}C$) büyük ölçüde, Ordu kent merkezinin en eski yerleşimlerinin bulunduğu kent merkezinin batısında kümelenmekte ve görece parçalı bir yapı sergilemektedir. Ancak 2013 yılına gelindiğinde yüksek AYS değerine sahip alanların hem büyüklük olarak genişlediği hem de daha bütünsel bir yapıya dönüştüğü görülmektedir. 2023 yılında ise hem AYS değeri $28^{\circ}C$ 'nin üzerinde olan alanlar artmaya devam etmiş hem de AYS değeri düşük ($AYS < 22^{\circ}C$) alanların miktarı önemli ölçüde azalmıştır (Şekil 4.3). Şekil 4.4, AYS değerlerinin yıllara göre oransal dağılımını göstermektedir. AYS değeri $26^{\circ}C$ 'ye kadar olan alanların oranı yıllar içinde istikrarlı şekilde azalmıştır. Bununla birlikte; $26^{\circ}C$ 'nin üzerinde AYS değerine sahip alanların oranı 2000 yılında %18.4 iken, bu oran 2013 yılında %31.4'e, 2023 yılında ise %56.3'e yükselmiştir (Şekil 4.4).



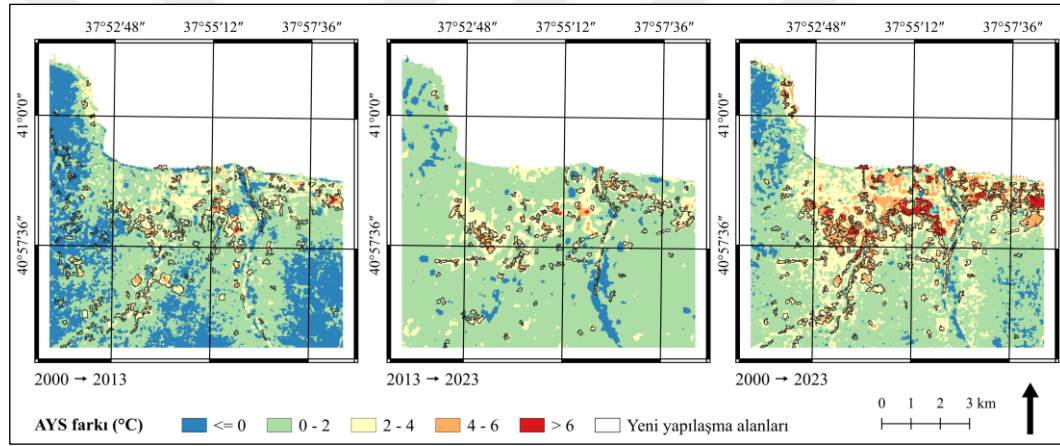
Şekil 4.3 Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) Değerlerinin Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı



Şekil 4.4 AYS Değerlerinin Yıllara Göre Oransal Dağılımı

Şekil 4.5'teki haritalar; 2000-2013, 2013-2023 ve 2000-2023 arasındaki dönemlerde AYS değerlerinde meydana gelen değişimi mekânsal olarak ortaya koymaktadır. Haritalarda, AYS farklarına ek olarak ilgili dönemdeki yeni yapılaşma alanları da gösterilmiştir. Yeni yapılaşma alanlarının ortaya çıkarılmasında Şekil 4.1'de yer alan yapılaşma verilerinden yararlanılmıştır. Yapılaşmış alanlar 1 değeri ile temsil ediliyorken, yapılaşmamış alanlara 0 değeri atanmıştır. Sonraki dönem (t_2) yapılaşmış alan haritasından önceki dönem (t_1) haritası "Raster calculator" aracılığıyla matematiksel olarak çıkarıldığında ($t_2 - t_1$) piksel değeri 1 olan alanlar (önceki değeri 0 iken 1'e yükselen) "yeni yapılaşmış alan" olarak tanımlanmıştır. Şekildeki karmaşıklığı önlemek ve okunabilirliği artırmak adına 1 hektarın altındaki yeni yapılaşma alanları çıkarılmıştır. 2000-2013, 2013-2023 ve 2000-2023 yılları arasındaki AYS artışlarına bakıldığında, özellikle 4°C'nin üzerinde sıcaklık artışının

meydana geldiği alanların ilgili dönemdeki yeni yapılaşma alanları ile büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir (Şekil 4.5). Bu durum yapılaşmanın ve yapılaşmadan kaynaklanan yüzey materyali değişimlerinin KIA etkisi üzerindeki şiddetlendirici rolünü ortaya koymaktadır. Doğal arazi yüzeylerinin; asfalt, beton ya da metal gibi geçirimsiz malzemelerle değiştirilmesi, yüzey buharlaşmasını ve bitki örtüsünü azaltarak sıcaklıkta genel bir artışa yol açmaktadır (Liu, 2023). Yapılaşmada yaygın olarak kullanılan betonun, KIA etkisine katkıda bulunduğu ve kentsel ortamlardaki sıcaklık artışlarını daha da şiddetlendirdiği tespit edilmiştir (Roberts ve ark., 2021). Temel olarak yerleşim ve endüstri alanlarının genişlemesini içeren yapılaşma süreçleri, artan yüzey sıcaklıklarıyla yakından ilişkili olduğundan yerel iklim yapısının değişimi üzerinde yadsınamaz bir rol üstlenmektedir (Ramadhan ve Buchori, 2019).



Şekil 4.5 AYS Değerlerindeki Artışların Yeni Yapılaşma Alanları ile İlişkisi

Çalışma alanındaki AYS değerlerine ilişkin 2000, 2013 ve 2023 yıllarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.4’te verilmiştir. Buna göre; çalışma alanındaki AYS ortalamasının yıllar içinde arttığı görülmüştür. 2000 yılında AYS ortalaması 24.9°C iken 2013 yılında bu değer 0.7°C artarak 25.6°C’ye çıkmıştır. 2023 yılında ortalama AYS değeri ise 2000 yılındaki ortalamaya göre 2°C daha yüksektir (26.9°C). Bu değerlendirmelere ek olarak, AYS ortalaması bakımından görülen söz konusu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilmiştir.

Uygun ortalama karşılaştırma testinin seçilebilmesi için verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmaktadır. Çarpıklık değeri ± 1.0 ve basıklık değeri ± 2.0 aralığında ise verideki grupların normal dağılım gösterdiği kabul edilmektedir (George ve Mallery, 2010; Hair ve ark., 2013). 2000 yılına ait AYS

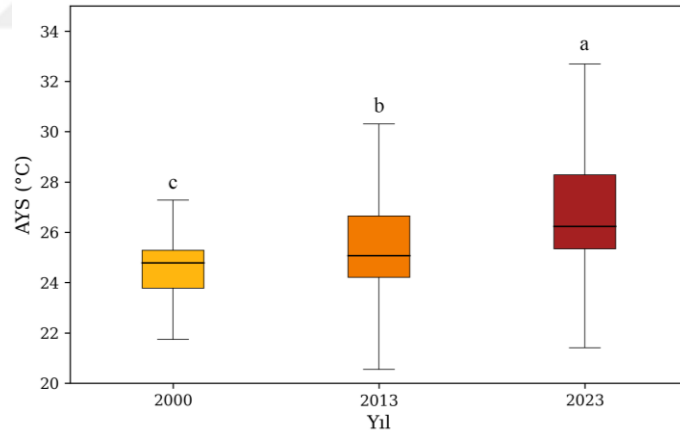
verisinin basıklık ve çarpıklık değerleri referans aralığının dışında kaldığından normal dağılım göstermediği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4). Bu nedenle üç yılın AYS ortalamasının karşılaştırılmasında non-parametrik bir test olarak Kruskal-Wallis testinden yararlanılmıştır (Çizelge 4.5). Buna göre, değerlendirmeye alınan üç yıla ait AYS ortalamaları arasında anlamlı farklılık vardır ($p < 0.001$). Şekil 4.6, AYS ortalamalarının yıllara göre dağılımını göstermektedir. Görüldüğü gibi en yüksek AYS ortalaması 2023 yılında kaydedilirken bunu sırasıyla 2013 ve 2000 yılları izlemektedir (Şekil 4.6).

Çizelge 4.4 AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

AYS	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
2000	24.9	1.6	14.3	35.4	1.01	3.03
2013	25.6	2.0	20.1	33.3	0.78	0.09
2023	26.9	2.3	21.4	34.7	0.72	-0.22

Çizelge 4.5 AYS Ortalamalarının Yıllara Göre Farklılaşma Durumunu Gösteren Kruskal-Wallis Testinin Sonucu

Kruskal-Wallis H	χ^2	df	p
AYS (°C)	37104	2	< 0.001



Şekil 4.6 AYS Ortalamalarının Yıllara Göre Dağılımı

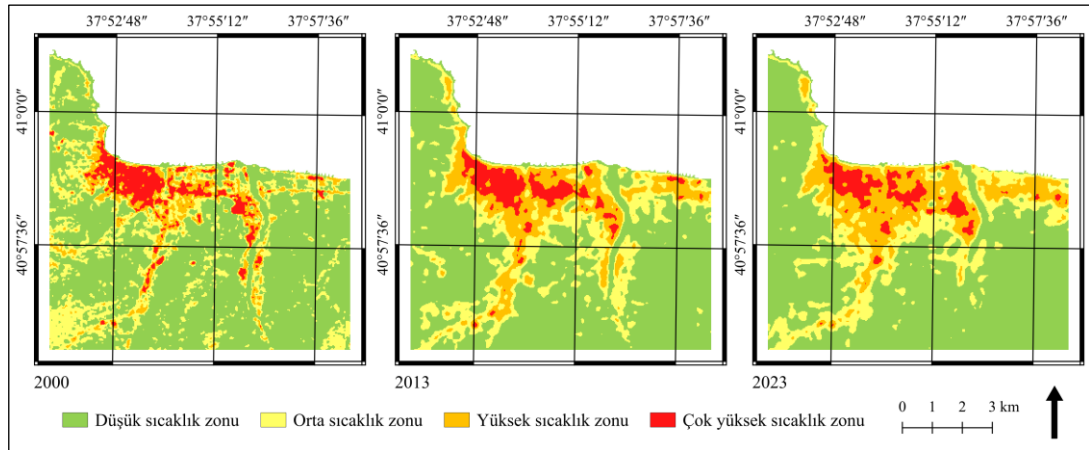
Çalışma alanının ortalama AYS değerinde yıllar içinde meydana gelen ve istatistiksel açıdan önem arz eden artış, pek çok farklı faktörün bir bileşimi olarak ortaya çıkmıştır. Kim ve ark., (2022) tarafından yürütülen araştırmaya göre öncelikle bir bölgedeki yerleşim alanlarının ve bitki örtüsünün konfigürasyonu, AYS varyasyonları üzerinde etkili olan en önemli faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda, kentleşme ve yapılaşmanın doğal sonucu olarak geçirimsiz

yüzeylerin oranındaki artış ve bitki örtüsündeki azalma gibi arazi örtüsü değişimleri doğrudan AYS artışıyla ilişkilendirilmiştir (Wang ve ark., 2018; Dang ve ark., 2020). Yeşil alanların oranı AYS ile ters orantı gösterdiğinden, kentlerde daha fazla yeşil alana yer verilmesi daha düşük AYS düzeylerinin görülmesine katkı sağlayabilir (Wu ve Zhang, 2018).

AYS ortalamalarındaki artış büyük oranda yapılaşma dinamikleri ile açıklanabilir de küresel iklim değişikliği de söz konusu artışa katkıda bulunmaktadır (Solangi ve ark., 2019). İklim değişikliğinden kaynaklanan kuraklık ve azalan sulak alanlar AYS'nin artmasına yol açmaktadır (Reiners ve ark., 2023). Su yüzeylerinin azalması, bunların serinletici etkisini sınırladığından dolayı olarak AYS ortalamalarının artmasına katkıda bulunmaktadır (Khan ve ark., 2019). Sonuç olarak, AYS değerleri bakımından uzun vadeli değişimleri tetiklediği kabul edilen kentleşme ve küresel iklim değişikliğinin kentsel alanlar üzerindeki çok boyutlu etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Guo ve ark., 2022).

4.3 Kentsel Isı Adası (KIA) Etkisindeki Alanlar

AYS verileri kullanılarak KIA etkisindeki alanların ortaya çıkarılmasında veri setinin ortalama ve standart sapma değerlerine dayalı bir yaklaşım benimsenmiştir. Çalışma alanı; aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ile formülize edilen eşik değerleri aracılığıyla dört zona ayrılmıştır. Farklı düzeylerdeki sıcaklık zonlarının yıllara göre mekânsal dağılımı Şekil 4.7'de verilmiştir. Bu zonlar içinde, yüksek sıcaklık zonu ile çok yüksek sıcaklık zonu olan bölgeler KIA etkisindeki alanlar olarak nitelendirilmiştir.

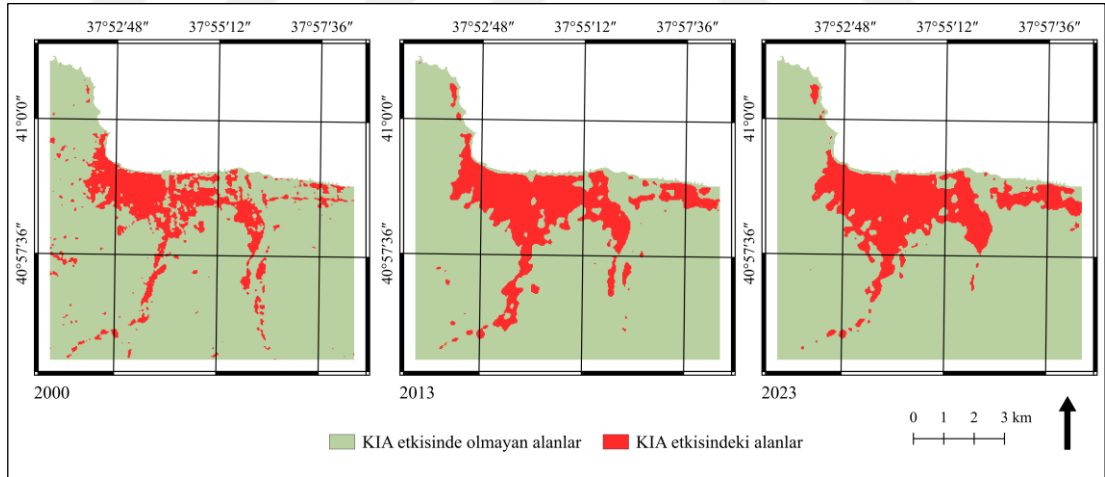


Şekil 4.7 Farklı Düzeylerdeki Sıcaklık Zonlarının Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı

Sıcaklık zonlarının çalışma alanı içindeki oranları ile KIA etkisindeki alanların oranı Çizelge 4.6’da görülmektedir. Çok yüksek sıcaklık zonunun oranı yıllar içinde azalırken yüksek sıcaklık zonunun çalışma alanı içindeki oranı %8.1’den %14.8’e çıkmıştır. Yüksek sıcaklık zonu ile çok yüksek sıcaklık zonunun birleşimi KIA etkisindeki alanları vermektedir (Şekil 4.8). Buna göre; 2000 yılında KIA etkisindeki alanların oranı %13.9 iken %30.1 artarak 2013 yılında %18.1’e yükselmiştir (Çizelge 4.6). KIA etkisindeki alanlar 2013-2023 arasındaki 10 yıllık dönemde de %6 artarak 2000 yılı ile 2023 arasındaki 23 yıllık dönemde toplam %38 artış göstermiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6 Farklı Düzeylerdeki Sıcaklık Zonları ile KIA Etkisindeki Alanların Oranları

Yıl	Düşük sıcaklık zonu (%)	Orta sıcaklık zonu (%)	Yüksek sıcaklık zonu (%)	Çok yüksek sıcaklık zonu (%)	KIA etkisindeki alanlar (%)
2000	64.8	21.3	8.1	5.8	13.9
2013	62.2	19.6	13.0	5.2	18.1
2023	62.4	18.4	14.8	4.5	19.2



Şekil 4.8 KIA Etkisindeki Alanların Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı

Çizelge 4.7 KIA Etkisindeki Alanların Büyüklük Bakımından Değişimi

Değişim aralığı	Değişim (%)
2000 → 2013	+ 30.1
2013 → 2023	+ 6.0
2000 → 2023	+ 38.0

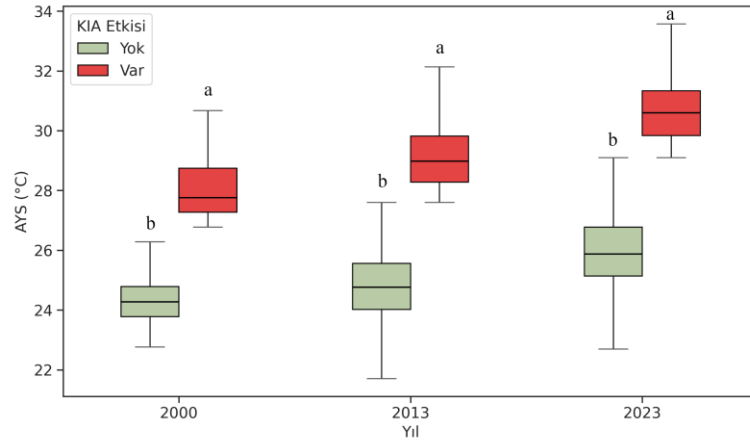
Çalışma alanı içinde KIA etkisi görülmeyen alanlar ile KIA etkisindeki alanlardaki AYS değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.8’de verilmiştir. 2000 yılında KIA etkisindeki alanların ortalama AYS değeri 28°C iken KIA etkisi görülmeyen alanların ortalama AYS değeri 24.4°C’dir. Mann-Whitney U testine göre iki alan arasındaki 3.6°C’lik sıcaklık farkı istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.9, Şekil 4.9). KIA etkisindeki alanların ortalama AYS değeri 2013 yılında 29.1°C’ye çıkarken KIA etkisi görülmeyen alanların ortalama AYS değeri 24.8°C’dir. İki alan arasındaki bu 4.3°C’lik sıcaklık farkı Student’s t testine göre istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.9, Şekil 4.9). KIA etkisindeki alanlar ile KIA etkisinde olmayan alanlar arasındaki AYS ortalaması farkı 2023 yılına gelindiğinde 4.6°C’ye yükselmiştir. Sonuç olarak, iki alan arasındaki istatistiksel yönden kayda değer sıcaklık farkının yıllar içinde giderek arttığı görülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8 KIA Etkisinde Olmayan Alanlar ile KIA Etkisindeki Alanlar Özelinde AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Yıl	KIA Etkisi	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
2000	Yok	24.4	1.0	14.3	26.3	-0.87	4.63
	Var	28.0	1.2	26.8	35.4	1.59	4.35
2013	Yok	24.8	1.2	20.1	27.6	-0.04	0.03
	Var	29.1	1.0	27.6	33.3	0.47	-0.58
2023	Yok	26.0	1.4	21.4	29.1	0.14	-0.09
	Var	30.6	1.0	29.1	34.7	0.52	0.14

Çizelge 4.9 KIA Etkisinde Olmayan Alanlar ile KIA Etkisindeki Alanlarda AYS Ortalamaları Bakımından Farklılaşma Durumu

Yıl	Test türü	İstatistik	df	p	Ortalama farkı
2000	Mann-Whitney U	0.00	-	< 0.001	3.6
2013	Student’s t	-381	74441	< 0.001	4.3
2023	Student’s t	-388	74441	< 0.001	4.6



Şekil 4.9 AYS Ortalamalarının KIA Etkisinde Olmayan ve KIA Etkisindeki Alanlara Göre Dağılımı

Şekil 4.10 çalışma alanı içindeki güncel (2023, yaz mevsimi) kentsel sıcak noktaların (*urban hot spot-UHS*) mekânsal dağılımını göstermektedir. Kentsel sıcak noktalar, farklı düzeylerdeki sıcaklık zonlarına göre yapılan sınıflandırmada “çok yüksek sıcaklık zonu” özelliği taşıyan bölgelere karşılık gelmektedir. Bu bölgelerin ortaya çıkarılmasında ihtiyaç duyulan eşik değer, çalışma alanındaki ortalama AYS değerine standart sapma değerinin iki katının eklenmesi ile hesaplanmaktadır (Guha ve ark., 2017; Guha ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2021; García ve Díaz, 2023). Buna göre eşik değer 31.4°C’dir. AYS değeri bu değerin üzerinde olan pikseller KSN olarak nitelenmiştir. KSN’lerin oluşum yerleri olarak; genellikle endüstriyel alanlar, metal çatılar, yapay malzeme kullanılarak oluşturulan halı sahalar, bitki örtüsü oranının düşük olduğu alanlar (Şekil 4.10) ve konut bölgeleri dikkat çekmektedir (Şekil 4.10). Endüstriyel alanlar, KIA etkisini artıran antropojenik ısınn yoğun olarak üretildiği bölgelerin başında gelmektedir (Mandal ve Subbaiyan, 2023). Endüstriyel alanlara ek olarak, konut bölgeleri gibi meskûn alanlardaki geçirimsiz yüzeylerin varlığı da bu alanlarda çevrelerindeki diğer alanlardan daha yüksek AYS seviyelerinin görülmesine yol açmaktadır (Kuang ve ark., 2014). Yüksek AYS ortalamaları ise KIA oluşumlarını beraberinde getirmektedir.

Geçirimsiz yüzey alanları ve bitki örtüsü, AYS üzerinde doğrudan etkili olan temel arazi örtüsü türleridir (Zhang ve ark., 2017). Bitki örtüsü oranının azalması yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Gomes ve ark., 2017). Kentlerdeki bitki varlığı, doğal bir serinletici işlevi görerek kentsel alanlardaki hava ve yüzey sıcaklığını düşürmektedir (Sanad ve ark., 2022). Şekil 4.11’de görüldüğü üzere bitki

örtüsü oranının düşük olduğu bölgelerde bu serinletici etkiler zayıf olduğundan, kentsel sıcak nokta oluşumları genellikle bu alanlarda ortaya çıkmıştır. Gölgeleme etkisi sağlayan bitkiler çevrelerini soğutma noktasında önemli role sahiptir. Yapılan araştırmalar; özellikle ağaç ve çalıların, otsu ya da yer örtücüleri ile karşılaştırıldıklarında yüzey sıcaklıklarını önemli ölçüde azaltabildiklerini göstermiştir (Edmondson ve ark., 2016; Thomas ve ark., 2018; Zhang, 2020). Söz konusu gölgeleme etkisi, ısıнын depolanmasını azaltarak gölgedeki alanların yüzey sıcaklığının düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu durum, görece daha serin bir mikro iklimsel yapının oluşmasını kolaylaştırmaktadır (Cao ve Kic, 2019). Özellikle yaprak dökmeyen türler ve anıt niteliğindeki yaşlı ağaçların yüzey sıcaklıklarını azaltmada son derece etkili oldukları tespit edilmiştir (Yusof ve ark., 2019).

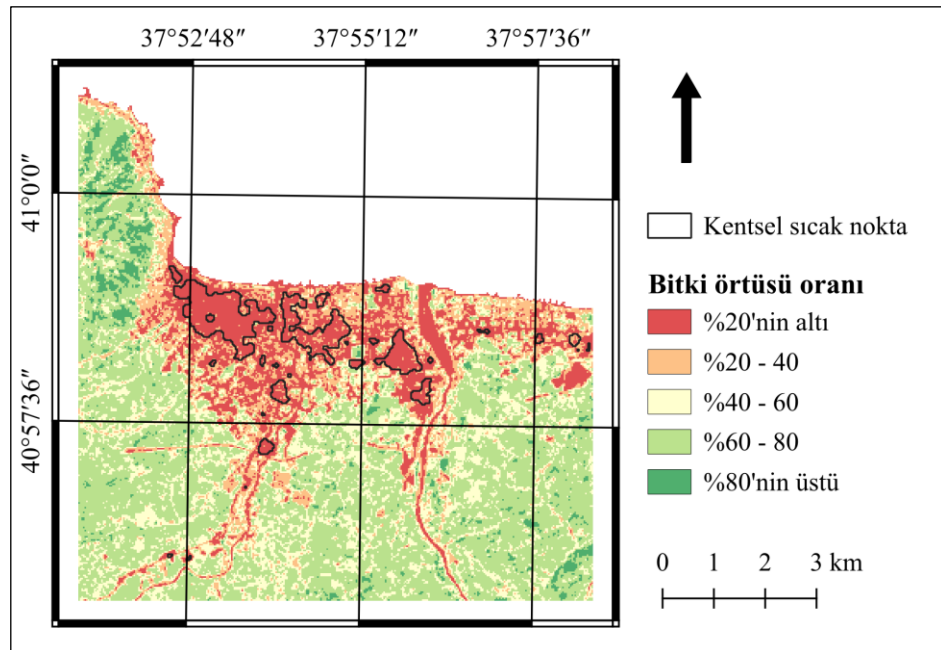
Kentlerdeki yapıların çatılarında kullanılan kaplama materyallerinin termal özellikleri KIA oluşumunu önemli ölçüde etkilemektedir. Kentsel arazi örtüsünün önemli bir bölümünü oluşturan çatılar, KIA etkisinin azaltımı bağlamında özel bir yere sahiptir (Sharma ve ark., 2016). Araştırmalar, düşük albedo değerine ve daha yüksek ısı emilimine sahip olan malzemelerin KIA gelişimine katkıda bulunduğunu göstermektedir (Lee ve ark., 2013; Saber ve ark., 2019; Andrés-Anaya ve ark., 2021). Konut ve sanayi yapılarının çatılarında bu tip malzemelerin kullanımı KIA etkisini artırmaktadır. Bunların aksine, serin çatılar gibi yüksek yansıtma özelliğine sahip çatı kaplama malzemelerinin kullanımı KIA etkilerinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Oberndorfer ve ark., 2007; Gaffin ve ark., 2012; Kuang ve ark., 2014; Ban-Weiss ve ark., 2015; Pratiwi, 2018). Bitkilendirme ile oluşturulan ve kentsel alanların albedosunu artıran yeşil çatılar ise bitkilerin evapotranspirasyon süreçleriyle soğutma sağlayarak KIA etkisini hafifletmek için önemli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Lalosevic ve ark., 2018; Isa ve ark., 2020). Bitkilendirilmiş çatılar ya da yeşil duvar gibi sistemler, kentlerdeki yeşil dokuyu artırarak kentsel ısı adalarını azaltmak için etkili birer çözüm olarak önerilmektedir (Akbari ve ark., 2015; Odli ve ark., 2016). Bitkilendirilmiş yeşil çatılar ya da yüksek yansıtıcı materyaller ile oluşturulmuş serin çatılar; binalarda enerji tasarrufunu teşvik etmenin yanı sıra KIA etkisini azaltarak kentsel iklim koşullarını da iyileştirmektedir (Maiolo ve ark., 2018). Bu nedenle, KIA etkisinin azaltılmasında ve genel olarak iklim değişikliğinin olumsuz

etkileri ile mücadelede etkili stratejiler olarak kabul edilirler (Price ve ark., 2015; Lalosevic ve ark., 2018).

Çalışma alanı içinde KIA etkisinin en şiddetli şekilde ortaya çıktığı alanlardan biri de yapay çim yüzeylerdir (Şekil 4.10). Tang (2022), doğal yüzeylerin geçirimsiz yapay yüzeylerle değiştirilmesinin toprak ile atmosfer arasındaki ısı alışverişi sürecini bozarak KIA etkisi oluşumuna neden olduğunu bildirmektedir. Çalışma alanı içinde pek çok noktada yer alan ve halı saha olarak kullanılan yapay çim alanlarının neredeyse tamamı KSN kapsamına girmektedir. Yapay çim sahalar, ısıyı tuttuğundan daha yüksek kentsel sıcaklıklara yol açarak KIA etkisinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Petrass ve ark., 2014). Yapılan bir araştırmada, doğal çimin suni çimle değiştirilmesinin atmosfere önemli miktarda ısı ekleyebileceğini ve potansiyel olarak kentsel hava sıcaklığının artmasına yol açabileceği belirtilmiştir (Yaghoobian ve ark., 2010). Üstelik yapay çim sahalarının yapımında kullanılan birtakım materyallerin çok daha yüksek sıcaklık profilleri sergileyebileceği ortaya konulmuştur (Villacañas ve ark., 2016). Yapay çim ile oluşturulan bu tip alanların miktarının azaltılması ya da yapay çimin doğal çim dokusu ile değiştirilmesi KIA etkisinin azaltılması noktasında alınabilecek temel önlemler arasında değerlendirilmelidir.



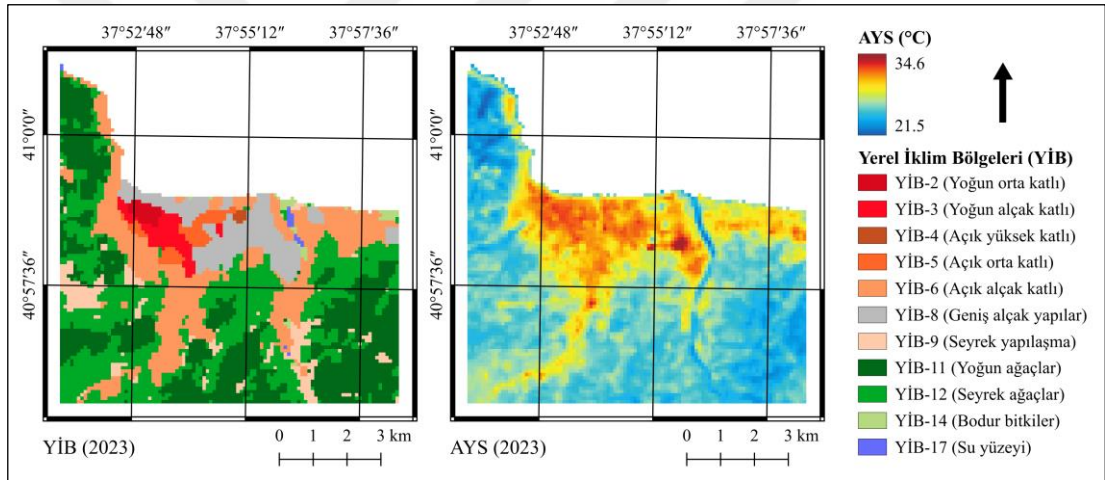
Şekil 4.10 Kentsel Sıcak Noktaların (KSN) Mekânsal Dağılımı



Şekil 4.11 Kentsel Sıcak Noktalar ve Bitki Örtüsü Oranı İlişkisi

4.4 Kentsel Isı Adası Etkisi (KIAE) ile Yerel İklim Bölgeleri (YİB) Arasındaki İlişki

Stewart ve Oke (2012) tarafından iklim araştırmalarında kullanılmak üzere; bina yükseklikleri, binaların arazideki dağılımı ve arazi örtüsünün karakteristiğine bağlı olarak toplam 17 adet YİB sınıfı önerilmiştir. YİB'ler, farklı bölgelerdeki AYS varyasyonlarını etkileyen benzer yüzey yapısı, yüzey malzemesi ve insan aktivitesine sahip bölgeler olarak tanımlanmaktadır (He ve ark., 2021; He ve ark., 2023). World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) aracılığıyla bu sınıflardan oluşan veri setleri ücretsiz olarak paylaşılmaktadır (WUDAPT, 2024). YİB verilerinin 2023 yılında yayımlanan son versiyonunda, çalışma alanındaki YİB sınıflarının mekânsal dağılımı (Demuzere ve ark., 2023) ve 2023 yılı yaz mevsimine ait AYS haritası Şekil 4.12'deki gibidir.



Şekil 4.12 Yerel İklim Bölgeleri (YİB) ile AYS Değerlerinin 2023 Yılı İçin Mekânsal Dağılımı

Yerel iklim bölgesi sınıflarının hektar cinsinden alanları ve oransal dağılımı Çizelge 4.10'da verilmiştir. Şekil 4.13 ise çalışma alanı içinde yer alan YİB sınıflarına ait örnek uydu görüntülerini göstermektedir. Çalışma alanında en fazla bulunan YİB sınıfları sırasıyla YİB-12 (%30.2), YİB-11 (%28.6) ve YİB-6'dır (%20.6). Yoğun ağaçlık bölgelere karşılık gelen YİB-11 ve seyrek ağaçlık bölgelere karşılık gelen YİB-12, çalışma alanının kent merkezi dışındaki kırsal yapıyı temsil eden alanlardır. Bu alanlarda büyük oranda fındık yetiştiriciliği odaklı bir üretim gerçekleştirilmektedir. YİB-6 ise, kat yüksekliği düşük (1-3 kat) binalar ile bu binalar arasında dağınık olarak yer alan alçak boylu bitkiler ile karakterize edilen geçirgen bir

arazi örtüsünü temsil etmektedir. Bu alanlar büyük ölçüde, kent merkezinin çeperindeki yeni yapılaşma alanları ile örtüşmektedir. Alçak katlı (1-3 kat) ve orta katlı (3-9 kat) binaların yoğun olarak yer aldığı YİB-2 ve YİB-3 sınıflarının çalışma alanı içindeki toplam oranı %3.2'dir. KIA etkisinin bina yoğunluğu ile doğru orantılı olarak arttığı (Dian ve ark., 2020) göz önüne alındığında en yüksek AYS ortalamasının bu bölgelerde görülmesi beklenmektedir.

Çizelge 4.10 YİB Sınıflarının Çalışma Alanındaki Alansal ve Oransal Dağılımı

Yerel İklim Bölgeleri (YİB)	Alan (ha)	Alan (%)
2	52.8	0.8
3	157.5	2.4
4	13.2	0.2
5	130.1	1.9
6	1379.9	20.6
8	578.2	8.6
9	367.8	5.5
11	1916.4	28.6
12	2019.0	30.2
14	54.9	0.8
17	20.3	0.3
Toplam	6690.0	100.0

Farklı YİB sınıfları için ortalama, minimum ve maksimum AYS değerleri Çizelge 4.11'de yer almaktadır. YİB sınıflarının AYS ortalaması bakımından farklılık taşıyıp taşımadığı ortalama karşılaştırma testi ile analiz edilmiştir. Ortalama karşılaştırma testlerinin temel varsayımlarından olan normallik durumu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Buna göre; YİB sınıflarının tamamında veriler normal dağılım göstermediğinden ortalama karşılaştırma testi olarak parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır (Çizelge 4.12). Kruskal-Wallis testine göre YİB sınıfları AYS ortalaması bakımından anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir ($\chi^2=4667$, $p<0.001$). Grupların örneklem büyüklükleri eşit ve varyanslar homojen olmadığından, farklı gruplar Fisher's LSD testi ile belirlenmiştir. Şekil 4.14'teki küçük harfler, ortalamalar bakımından anlamlı düzeyde farklı grupları göstermektedir. Buna göre; en yüksek AYS ortalaması YİB-2 (32°C) ve YİB-3'te (31.2°C) görülmüş olup aralarında istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p<0.001$). Geletić ve ark., (2016) YİB-2 ve YİB-3'teki geçirimli-geçirimsiz yüzey oranlarının birbirine yakın olduğunu ve her iki bölgede de benzer altyapı malzemelerinin kullanıldığını

belirtmiştir. İki YİB arasındaki bu benzerlik, iki bölgede de daha yüksek AYS değerlerinin görülmesine yol açmaktadır. Vandamme ve ark., (2019) ise YİB-2 ve YİB-3'te görülen daha yüksek AYS değerlerini, binaların özelliklerine ve kentsel planlama politikalarına bağlamıştır. Dünyanın farklı kentlerinde yapılmış olan araştırmalarda; yapı malzemesi, yeşil alanların az oluşu ve gökyüzü görünüm oranı gibi faktörler nedeniyle YİB-2, YİB-3, YİB-8 ve YİB-10'un kentsel alanlarda en yüksek AYS ortalaması değerlerine sahip sınıflar olduğu gösterilmiştir (Geletiç ve ark., 2016; Cai ve ark., 2018; Alghamdi ve ark., 2021; Shi ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021; Xu ve ark., 2022; Yang ve ark., 2022).



Şekil 4.13 Çalışma Alanındaki Yerel İklim Bölgesi Örnekleri

Ağır sanayi bölgeleri olarak tanımlanan YİB-10'un çalışma alanı içinde bir örneği bulunmamaktadır. Bununla birlikte; YİB-2, YİB-3 ile birlikte çalışma alanındaki en yüksek AYS ortalamasına sahip bölgelerdir. Bunların ardından en yüksek AYS ortalaması YİB-8'de görülmüştür. Bu nedenle, çalışma sonuçlarının literatürdeki benzer araştırmaların bulguları ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

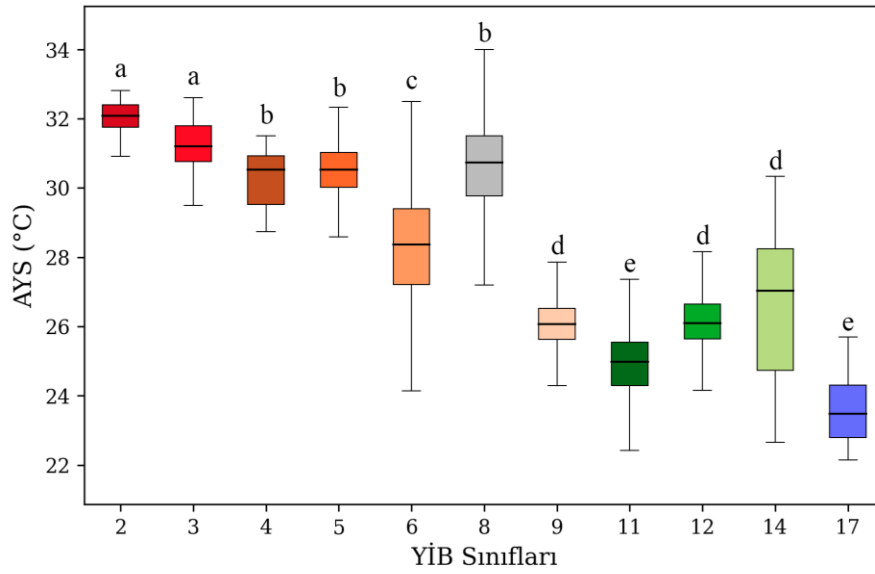
En düşük AYS ortalaması 23.7°C ile su yüzeylerini temsil eden YİB-17 sınıfına aittir. Bununla birlikte ortalama AYS değeri 24.9°C olan YİB-11 sınıfı ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (Şekil 4.14). Çin'deki 32 büyük kent ölçeğinde yürütülen bir araştırmada da YİB-11 ve YİB-17'nin en düşük AYS değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Huang ve ark., 2021). Yine Çin'in Shenyang kentinde yapılan bir çalışmada, su yüzeylerine karşılık gelen YİB-17 sınıfının AYS ortalaması diğer bölgelere göre daha düşük çıkmıştır (Zhang ve ark., 2022). Çekya'da 2021'de yapılan bir başka araştırmanın sonuçları da bu iki çalışma ile uyumludur (Středová ve ark., 2021). AYS'nin NDVI ve NDWI indeksleri ile negatif korelasyon göstermesi YİB-11 ve YİB-17'de neden daha düşük AYS ortalamalarının görüldüğünü açıklamaktadır (Imran ve ark., 2021). Bu nedenle, kentsel planlama stratejileri geliştirilirken suyun ve bitki örtüsünün KIA etkisini azaltmadaki belirgin rolü önemsenmelidir.

Çizelge 4.11 YİB Özelinde AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

YİB	AYS (°C)				Shapiro-Wilk	
	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maximum	W	p
2	32.0	0.5	30.9	32.8	0.961	0.083
3	31.2	0.7	28.6	32.6	0.965	< 0.001
4	30.3	0.9	28.7	31.5	0.941	0.469
5	30.5	0.8	28.5	33.0	0.982	0.094
6	28.3	1.5	23.0	33.3	0.996	< 0.001
8	30.6	1.3	26.1	34.6	0.980	< 0.001
9	26.1	0.9	23.5	31.2	0.957	< 0.001
11	24.9	0.9	21.5	27.9	0.987	< 0.001
12	26.2	0.9	22.9	29.9	0.974	< 0.001
14	26.8	2.1	22.7	30.3	0.951	0.027
17	23.7	1.4	22.2	27.3	0.914	0.100

Çizelge 4.12 AYS Ortalamalarının YİB Sınıflarına Göre Farklılaşma Durumunu Gösteren Kruskal-Wallis Testinin Sonucu

Kruskal-Wallis H	χ^2	df	p
AYS (°C)	4667	10	<0.001

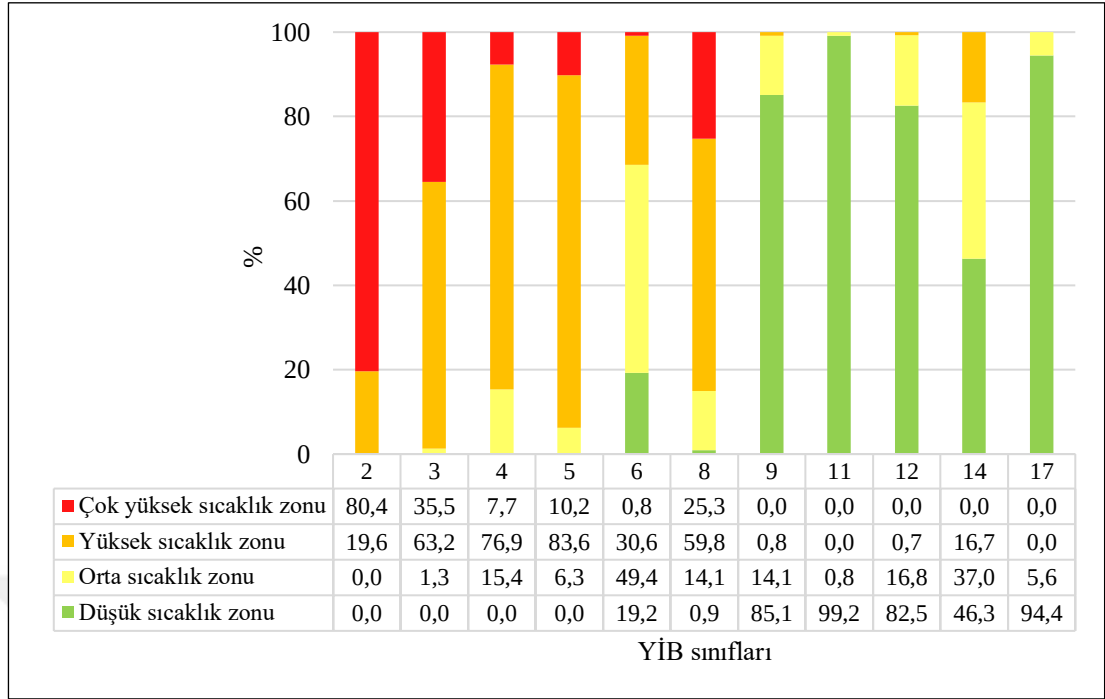


Şekil 4.14 AYS Ortalamalarının YİB Sınıflarına Göre Dağılımı

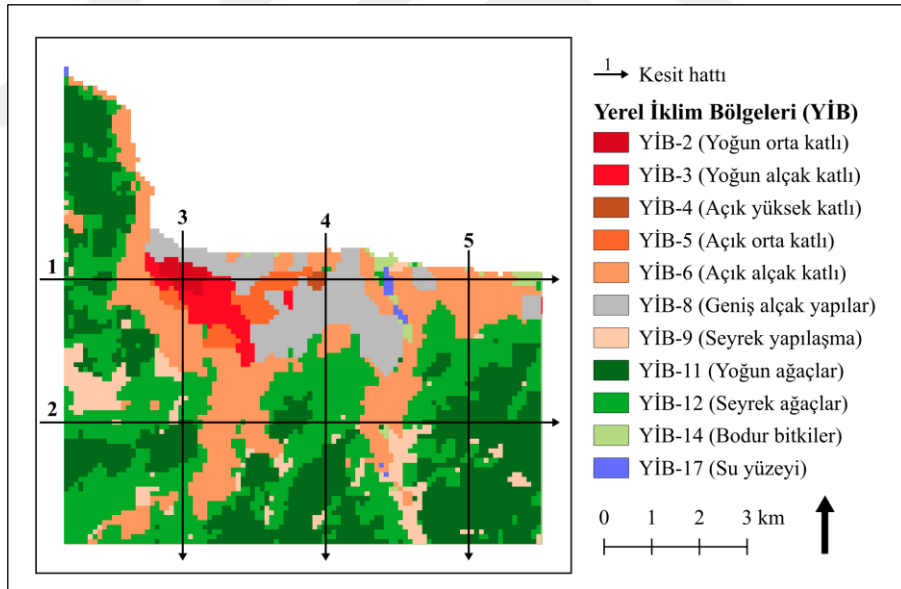
Şekil 4.15, YİB sınıflarındaki alanları oluşturan sıcaklık zonlarının oranlarını göstermektedir. Bu şekil, yapılaşma-bitki örtüsü-kentsel ısı adası etkisi arasındaki çarpıcı ilişkiyi gözler önüne sermesi bakımından oldukça önemlidir. Yoğun ve orta katlı binalardan oluşan YİB-2'nin %80.4'ü kentsel sıcak noktalara karşılık gelen yüksek sıcaklık zonu içinde yer almaktadır. Çok yüksek ve yüksek sıcaklık zonları KIA etkisinin var olduğu bölgelerdir. Şekil 4.15'te açıkça görüldüğü üzere YİB-2'nin tamamı ve YİB-3'ün çok büyük bir bölümü KIA etkisindeki bölgelerdir. Binalar arasındaki seyrek bitki örtüsü ile karakterize edilen YİB-4 ve YİB-5'e bakıldığında büyük oranda yüksek sıcaklık zonu ile örtüştükleri görülmektedir. Bitki örtüsünün çok az ya da hiç olmadığı bununla birlikte geniş alçak binaların yer aldığı YİB-8 sınıfındaki alanların da yaklaşık %85'i KIA etkisi altındadır. Çeşitli kademelerde bitki örtüsü içeren YİB-6, 9, 11, 12, 14 ile su yüzeylerine karşılık gelen YİB-17 ise büyük oranda, KIA etkisinde olmayan düşük ve orta sıcaklık zonu içinde yer almaktadır. Araştırmalar, farklı YİB sınıflarında farklı sıcaklık özellikleri görüldüğünü vurgulamaktadır. Örneğin; yoğun şekilde yapılaşmış YİB sınıfları (1, 2, 8 ve 10), daha fazla bitki örtüsüne sahip sınıflarla (11, 12, 14) karşılaştırıldığında daha yüksek

sıcaklıklara sahip olma eğilimindedir (Geletič ve ark., 2016; Skarbit ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2021). Ağaç varlığı ya da yüksek yüzey albedosu gibi serinletici faktörler farklı YİB sınıfları arasında değişkenlik göstermektedir. Belirli sınıflar, artan ağaç örtüsü veya daha yüksek yansıtma özelliğine sahip yüzeyleri ile sıcaklıkları daha fazla düşürebilmektedir (Chen ve ark., 2020). Çalışma alanı içindeki YİB-2, YİB-3, YİB-4, YİB-5 ve YİB-8 bölgeleri büyük oranda orta ve üzeri sıcaklık zonlarının etkisi altındadır. Bununla birlikte bitki örtüsü ve suyun çeşitli oranlarda bulunabildiği diğer YİB sınıflarında düşük sıcaklık zonunun oranı belirgin şekilde artmaktadır. Bu durum; arazi örtüsü, bina konfigürasyonu ve yüzey karakteristiğinin AYS ve KIA etkisi üzerindeki doğrudan etkisini göstermektedir.

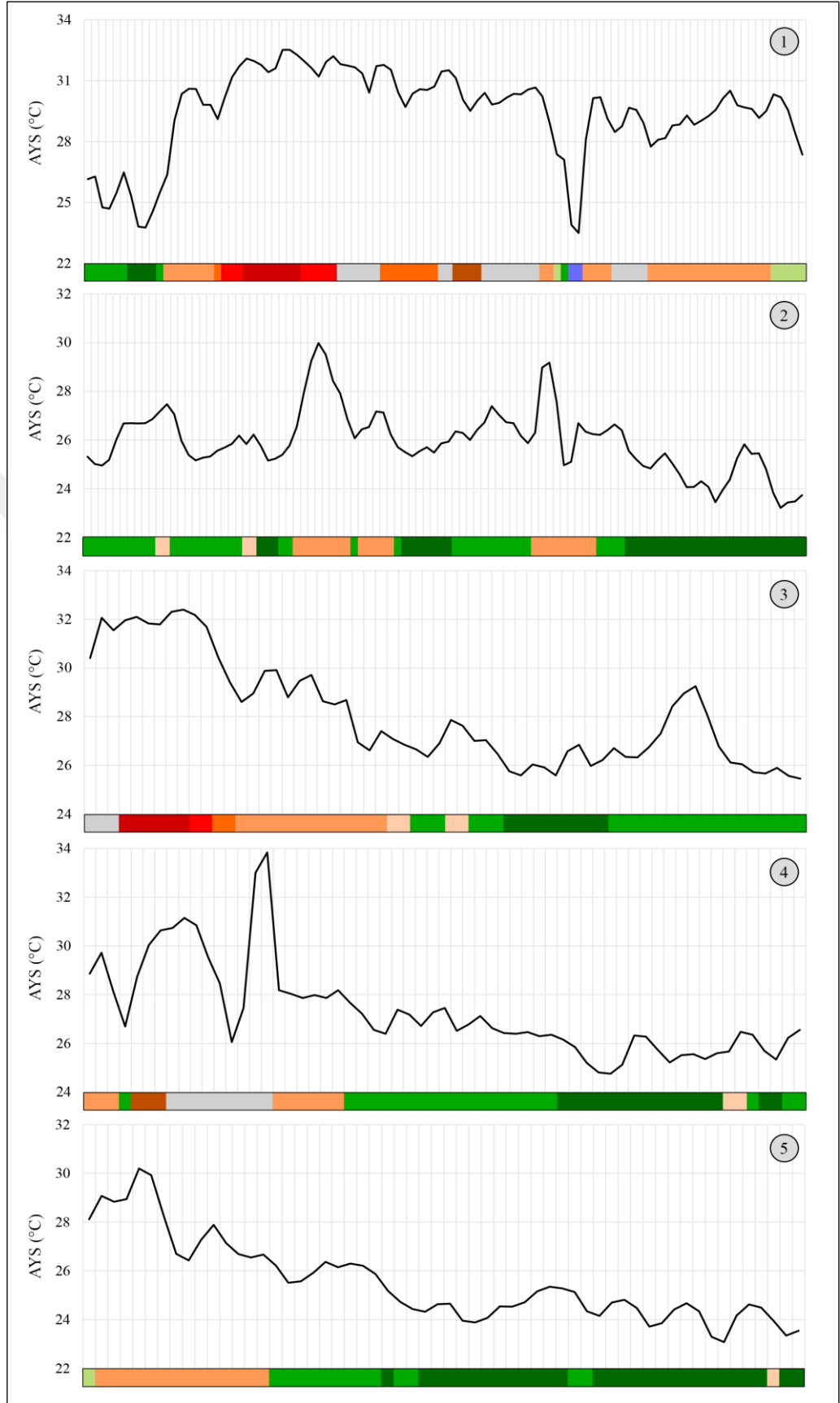
AYS değerlerinin farklı YİB sınıflarındaki değişim dinamiğini incelemek için YİB ve AYS haritasını örtüştüren beş adet kesit alınmıştır (Şekil 4.16). 1 ve 2 numaralı kesitler çalışma alanını batı-doğu doğrultusunda keserken; 3, 4 ve 5 numaralı kesitler kuzey-güney hattında kesilmiştir. Şekil 4.17, bu kesit hatları doğrultusunda oluşturulan kesitleri göstermektedir. Yatay ekseninde yer alan renkler YİB sınıflarının standart renklerini temsil ederken düşey eksen santigrat derece cinsinden AYS değerlerini göstermektedir. Kesitlerdeki genel eğilime bakıldığında; YİB-11 ve YİB-12'nin düşük AYS değerlerine sahip olduğu, bununla birlikte kırmızı ve turuncu renk tonları ile temsil edilen yoğun yapılaşma alanlarında AYS'nin belirgin şekilde arttığı görülmektedir. 1 numaralı kesitte görülen ani AYS düşüşü su yüzeylerinin kent içindeki serinletici etkisini gözler önüne sermektedir.



Şekil 4.15 YİB Sınıflarındaki Alanları Oluşturan Sıcaklık Zonlarının Oranları



Şekil 4.16 YİB Sınıfları ile AYS Değerlerini Örtüştüren Kesit Hatları

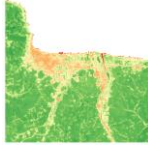
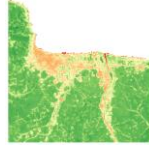
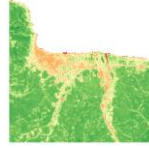
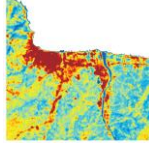
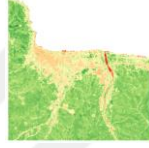
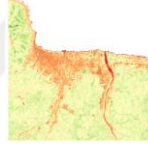
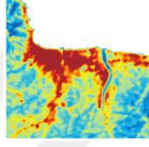
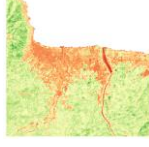
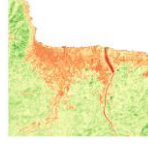
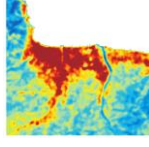


Şekil 4.17 AYS Değerlerinin YİB Sınıflarına Göre Değişimini Gösteren Kesitler

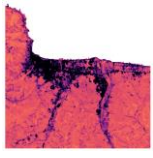
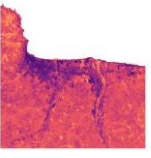
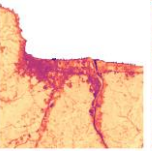
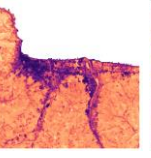
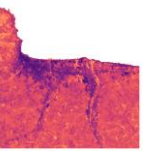
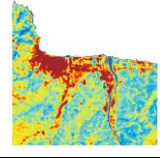
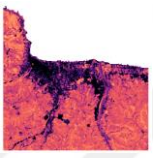
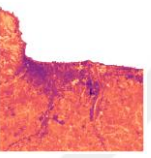
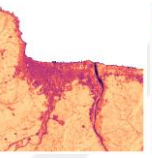
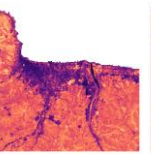
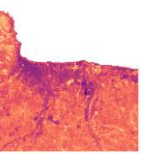
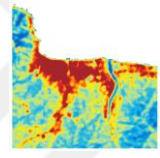
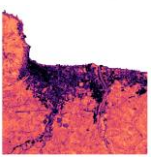
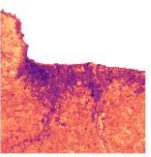
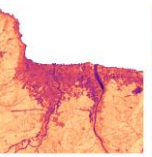
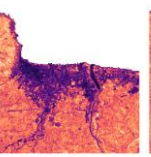
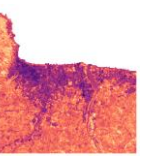
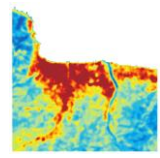
4.5 Bitki Örtüsü ve Yapılı Çevre Odaklı Spektral İndeksler ile AYS Arasındaki İlişki

Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) ile bitki örtüsünü ya da yapılı çevreyi ortaya çıkarmak üzere geliştirilen spektral oran indeksleri arasındaki ilişki, yüzey karakteristiği ve KIA etkisine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Çalışmalar AYS ile bu spektral indeksler arasında bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Liu ve Zhang, 2011; Xu ve Zhang, 2017; Yang ve ark., 2020; Dilawar ve ark., 2021). Bu nedenle; 2000, 2013 ve 2023 yılları için 5 adet bitki örtüsü indeksi (DVI, NDVI, IPVI, WdVI, SAVI) ve 5 adet yapılı çevre indeksi (NBI, NDBI, BAEI, BUI, UI) hesaplanarak AYS değerleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Çizelge 4.13 bitki örtüsü indeksleri ile AYS arasındaki korelasyonu göstermektedir. Üç tarih bakımından da AYS değerleri ile bitki örtüsü indeksleri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, çeşitli bitki örtüsü indekslerinin AYS ile güçlü negatif korelasyonlar sergilediğini ortaya koymaktadır (Bonafoni, 2015). Bununla birlikte, söz konusu ilişkinin düzeyi; mevsime, günün saatine ve coğrafi konuma bağlı olarak değişebilmektedir (Sun ve Kafatos, 2007; Nabizada ve ark., 2022). Çizelge 4.14’te görüldüğü üzere, bitki örtüsü indekslerinin aksine yapılı çevreye odaklanan spektral indeksler ile AYS arasında yüksek pozitif ilişki bulunmaktadır. AYS ile yapılı çevre indeksleri arasındaki bu doğrusal ilişki, yapılaşmış alanlardaki yüzey materyallerinin ısı tutma özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yerleşim alanları gibi yapılaşmış alanlar, doğal bitki örtüsüne sahip alanlar ile kıyaslandığında ısıyı daha fazla tutma eğiliminde olduğundan kentlerde daha yüksek AYS değerlerinin görülmesine yol açmaktadır (Imhoff ve ark., 2010). Yapılaşmanın göstergeleri olarak bina yoğunluğu ve bina yüksekliği gibi faktörler de AYS ile dikkate değer bir pozitif korelasyon göstermektedir (Lu ve ark., 2021; Li, 2023). Sonuç olarak; spektral indeksler ile AYS arasındaki korelasyonlar göz önüne alındığında, çalışma alanı özelinde bitki örtüsü oranı arttıkça AYS değerlerinin düşme eğiliminde olduğu ve artan yapılaşma ile birlikte AYS değerlerinin yükseldiği anlaşılmaktadır. Belirli derecede yüksek AYS değerlerine sahip bölgeler teorik olarak KIA etkisinde kabul edildiğinden, bitki örtüsü oranının artışı KIA etkisini hafifletirken, yapılaşmanın artışı KIA etkisini daha da şiddetlendirme potansiyeline sahiptir.

Çizelge 4.13 AYS ile Bitki Örtüsü İndeksleri Arasındaki Korelasyon

Yıl	AYS	Bitki örtüsü indeksleri				
		DVI	NDVI	IPVI	WDVI	SAVI
2000						
		-0.618	-0.637	-0.637	-0.615	-0.637
2013						
		-0.671	-0.703	-0.703	-0.668	-0.703
2023						
		-0.729	-0.752	-0.752	-0.727	-0.752

Çizelge 4.14 AYS ile Yapılı Çevre İndeksleri Arasındaki Korelasyon

Yıl	AYS	Yapılı çevre indeksleri				
		NBI	NDBI	BAEI	BUI	UI
2000						
		0.711	0.770	0.571	0.705	0.770
2013						
		0.753	0.720	0.630	0.735	0.720
2023						
		0.785	0.782	0.653	0.783	0.782

4.6 Kentsel Isı Adası Etkisinin Kentsel-Kırsal Alan Gradyanındaki Değişimi

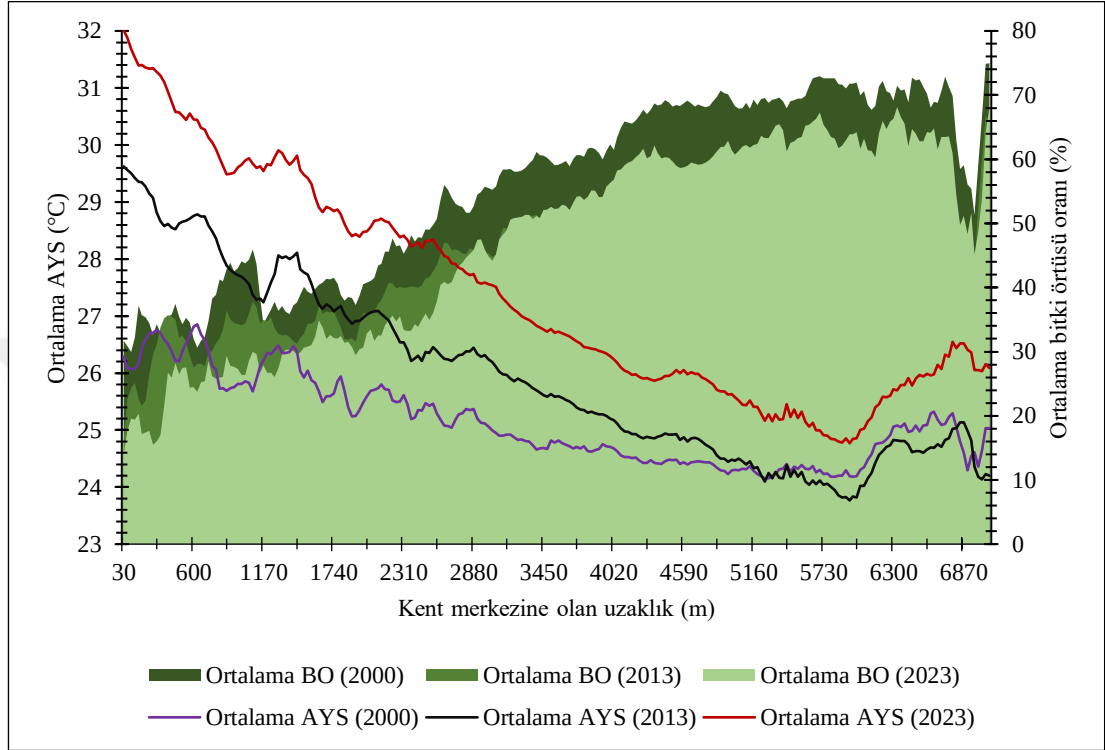
KIA etkisinin kentsel ve kırsal nitelikteki alanlar arasındaki değişimini ortaya koyabilmek için kent merkezinden kırsala doğru genişleyen dairesel tampon zonlardan yararlanılmıştır. Gradyan analizi olarak da adlandırılan bu metodoloji; AYS'nin, yapılaşmış alanların ve yeşil dokunun kentsel-kırsal alan geçişindeki değişimini incelemek için araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır (Dissanayake ve ark., 2018; Shukla ve Jain, 2021; Karunaratne ve ark., 2022; Liu ve ark., 2023). Gradyan analizinde referans alınan zonların genişliği, AYS verisinin mekânsal çözünürlüğü

olan 30 m olarak ayarlanmıştır. Zonlardaki ortalama AYS ve ortalama bitki örtüsü oranları (BO), QGIS 3.34.4 yazılımındaki “zonal statistics” aracı ile hesaplanmıştır. Ardından hesaplanan değerler Microsoft Excel yazılımına aktarılarak Şekil 4.18’deki gibi görselleştirilmiştir. Şekil 4.18, bitki örtüsü oranlarının ve AYS değerlerinin kentsel-kırsal alan gradyanındaki değişimini göstermektedir. Ortalama AYS, küçük ölçekli dalgalanmalar göz ardı edildiğinde, üç yıl için de kent merkezinden kırsal alana doğru azalma eğilimindedir. Dünya’nın farklı kentlerinde yürütülen ve aynı metodoloji kullanılarak gerçekleştirilen araştırmaların sonuçları bulgularımızı destekler niteliktedir. Örneğin; Sri Lanka’nın en büyük ikinci kenti olan Kandy kenti örneğinde yapılan bir çalışmada (Ranagalage ve ark., 2018), kent merkezinden kırsal bölgeye doğru gidildikçe ortalama AYS değerlerinin azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Nwaerema ve ark., (2019) Nijerya’nın Port Harcourt kentinde yaptıkları araştırmada, AYS değerlerinin kırsal alanlardan kent merkezine doğru arttığını ortaya koymuştur. Hindistan’ın Lucknow kentinde de kent merkezinden uzaklaştıkça yeşil dokunun arttığı ve AYS ortalamasının düşüşe geçtiği gözlenmiştir (Shukla ve Jain, 2021).

Çalışma alanında kentsel ve kırsal alanlar arasındaki ortalama AYS farkı zaman içinde artmıştır. Ortalama AYS değerleri arasındaki maksimum sıcaklık farkı, 2000 yılında 2.7°C iken 2013’te 5.9°C ve 2023’te 7.2°C olmuştur. Kentler kırsal alanlara kıyasla daha yüksek AYS’ye sahip olma eğilimindedir (Kuang ve ark., 2014). Çalışma alanında kentleşme ve yapılaşmanın yıllar içinde yoğunlaşması, KIA etkisini daha belirgin hale getirdiğinden (Zhao ve ark., 2018), kentsel ve kırsal alanlar arasındaki AYS farkı da giderek artmıştır.

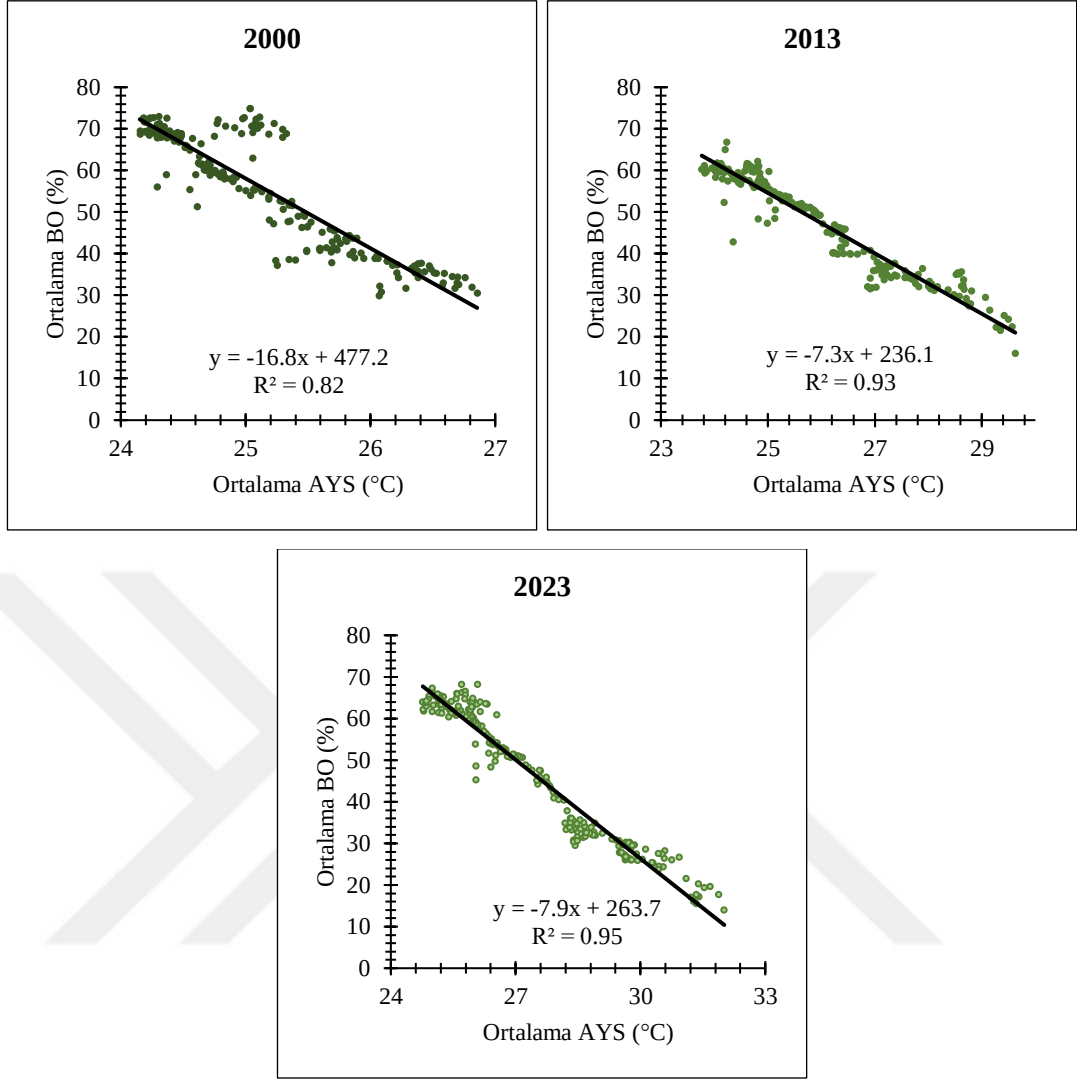
Bir kentin merkezinden çevredeki kırsal bölgelere doğru gidildikçe bitki örtüsü miktarının genellikle arttığı kabul edilmektedir (Barbieri ve ark., 2018). Buna ek olarak, kentsel çekirdek alanlardan uzaklaştıkça bitki örtüsünde meydana gelen bozulmalar da azalmaktadır (Wang ve ark., 2020). Bu tez çalışmasının bulguları; NDVI tabanlı olarak hesaplanan bitki örtüsü oranının (BO), üç tarihte de kent merkezinden kırsal alanlara doğru gidildikçe artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Dünyanın farklı kentlerinde gerçekleştirilen benzer analizlerde de bitki varlığının kentsel-kırsal alan gradyanında kademeli olarak arttığı tespit edilmiştir. Kentleşme süreçleri bitki örtüsünün azalmasına neden olduğundan ortalama sıcaklıkları da artırıcı

yönde teşvik etmektedir (Al-Ramahi ve ark., 2022). Kent merkezlerinden uzaklaştıkça bitki örtüsünün azaldığını vurgulayan Chapman ve ark., (2018) kentsel alanların yoğunlaşmasının ve bitki örtüsünün azalmasının KIA etkisine katkıda bulunduğunu ifade etmiştir.



Şekil 4.18 Ortalama AYS Değerleri ile Bitki Örtüsü Oranlarının Kent Merkezinden Uzaklığa Göre Değişimi

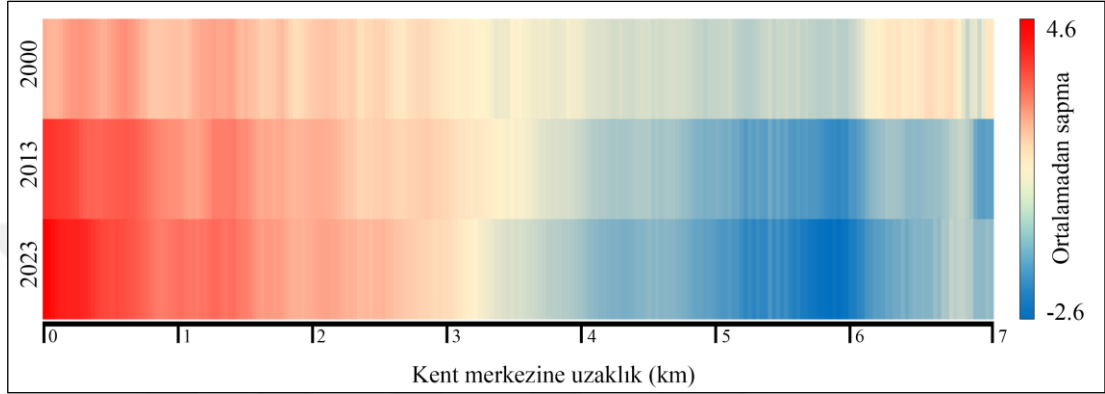
Ortalama AYS değerleri kentsel-kırsal alan geçişinde azalırken, ortalama bitki örtüsü oranının tersi şekilde artması iki değişken arasındaki negatif bir ilişkiye işaret etmektedir. Bu nedenle üç yıl için de iki değişken arasındaki korelasyona bakılmıştır. Şekil 4.19, ortalama AYS ile ortalama BO arasındaki ilişkiyi saçılım diyagramı biçiminde göstermektedir. Değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında üç tarih için de negatif yönlü güçlü bir ilişkinin varlığı görülmektedir. Sonuç olarak; kent merkezinden kırsal alana gidildikçe artan bitki örtüsü, AYS ortalamalarını kademeli olarak düşürmüştür. Bu da KIA etkisinin, kentsel-kırsal alan gradyanında azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.19 Ortalama AYS ile BO Arasındaki İlişkiyi Gösteren Saçılım Diyagramları

Şekil 4.20, kent merkezinden itibaren her 30 m'lik dairesel tampon bölge içerisindeki ortalama AYS değerinin, çalışma alanının ilgili yıldaki genel AYS ortalaması değerinden ne kadar saptığını göstermektedir. Mavi renk tonları ilgili dönemdeki ortalama AYS değerinin altında kalan bölgeleri temsil ederken kırmızı renkler AYS değeri ortalamasının üzerindeki bölgelere karşılık gelmektedir. 2000 yılında kentsel-kırsal alanlar arasındaki ortalama AYS farklılığı daha yumuşak bir geçişe sahipken 2013 ve 2023 yıllarında söz konusu geçişin giderek keskinleştiği görülmektedir. Bu durum, kentsel ve kırsal alan arasındaki AYS farkının yıllar içinde daha belirgin duruma geldiğine işaret etmektedir. Kent merkezinden itibaren özellikle 1 km mesafedeki alanda, ortalama AYS değerinden pozitif yönde sapma yıllar içinde kademeli olarak artmıştır. Sonuç olarak; hem bu çalışmanın bulguları hem de

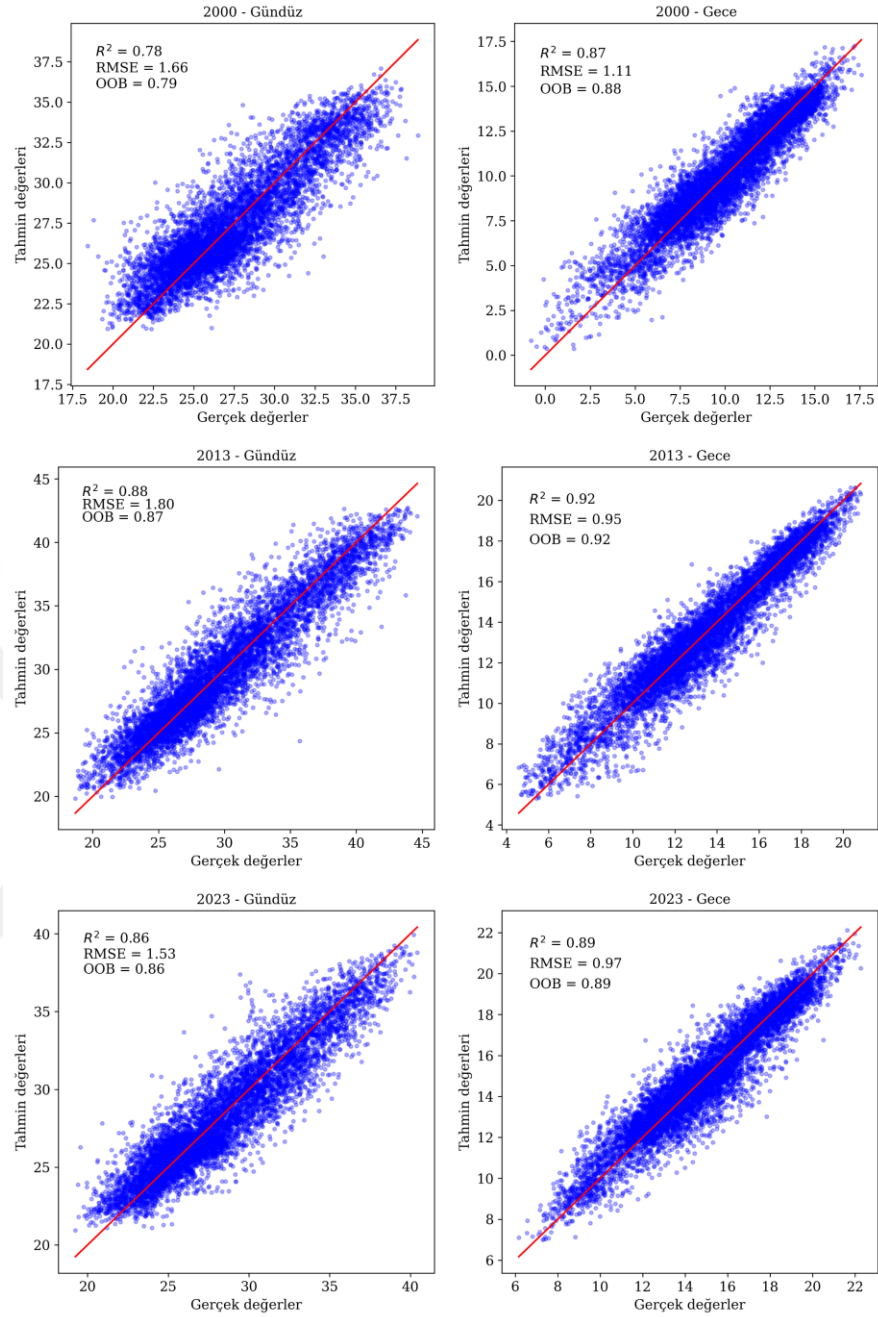
literatürdeki benzer araştırmalarının sonuçları, AYS'nin genellikle kent merkezinden kırsal alanlara doğru giderek azaldığını göstermektedir. Kentsel alanlar genellikle çevrelerindeki kırsal yapıdan daha yüksek hava ve yüzey sıcaklıkları sergilemektedir. Söz konusu sıcaklık değişim mekanizmasının anlaşılması; kentsel planlama süreçlerinde iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesinde ve kentleşmenin yerel iklim üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir.



Şekil 4.20 Ortalama AYS Değerinden Sapma ile Kent Merkezine Uzaklık Arasındaki İlişki

4.7 Kentsel Isı Adası Etkisinin Gece ve Gündüz Arasındaki Değişimi

Düşük mekânsal çözünürlüğe sahip olmasına karşın yüksek zamansal çözünürlükteki MODIS verilerinin yüksek mekânsal çözünürlüğüne dönüştürülmesinde en etkili regresyon yöntemi Rastgele Orman (Random Forest, RF) algoritmasıdır. Ölçek küçültme sürecinde RF regresyonunun performansının, Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ya da TsHARP (Thermal sharpening) algoritmaları ile karşılaştırıldığı bir araştırmada en başarılı yöntemin RF olduğu ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2020). Bu nedenle bu çalışma kapsamında da düşük mekânsal çözünürlükte (~1 km) 9 bağımsız değişken ve 1 bağımlı değişkenin dahil edildiği RF modelleri oluşturulmuştur. Şekil 4.21’de yer alan saçılım diyagramları; 2000, 2013 ve 2023 yıllarında gece ve gündüz zaman dilimleri için gerçek AYS değerleri ile RF modelleri tarafından tahmin değerler arasındaki uyumu göstermektedir. 2013 yılındaki gece modeli, en yüksek açıklama gücüne ($R^2 = 0.92$) ve en düşük karesel ortalama hataya ($RMSE = 0.95^\circ C$) sahip olan modeldir. R^2 değerinin 0.7’nin üzerinde olması genel olarak bir regresyon modelinin güçlü tahmin yeteneğine işaret etmektedir (Wang ve ark., 2020; Hu ve ark., 2023). Şekil 4.21’deki R^2 değerlerinin tamamı 0.7’nin üzerinde olduğundan yeterli açıklama gücüne sahip oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 4.21 Random Forest Modelleri İçin Gerçek Değerler ile Tahmin Değerler Arasındaki Uyum

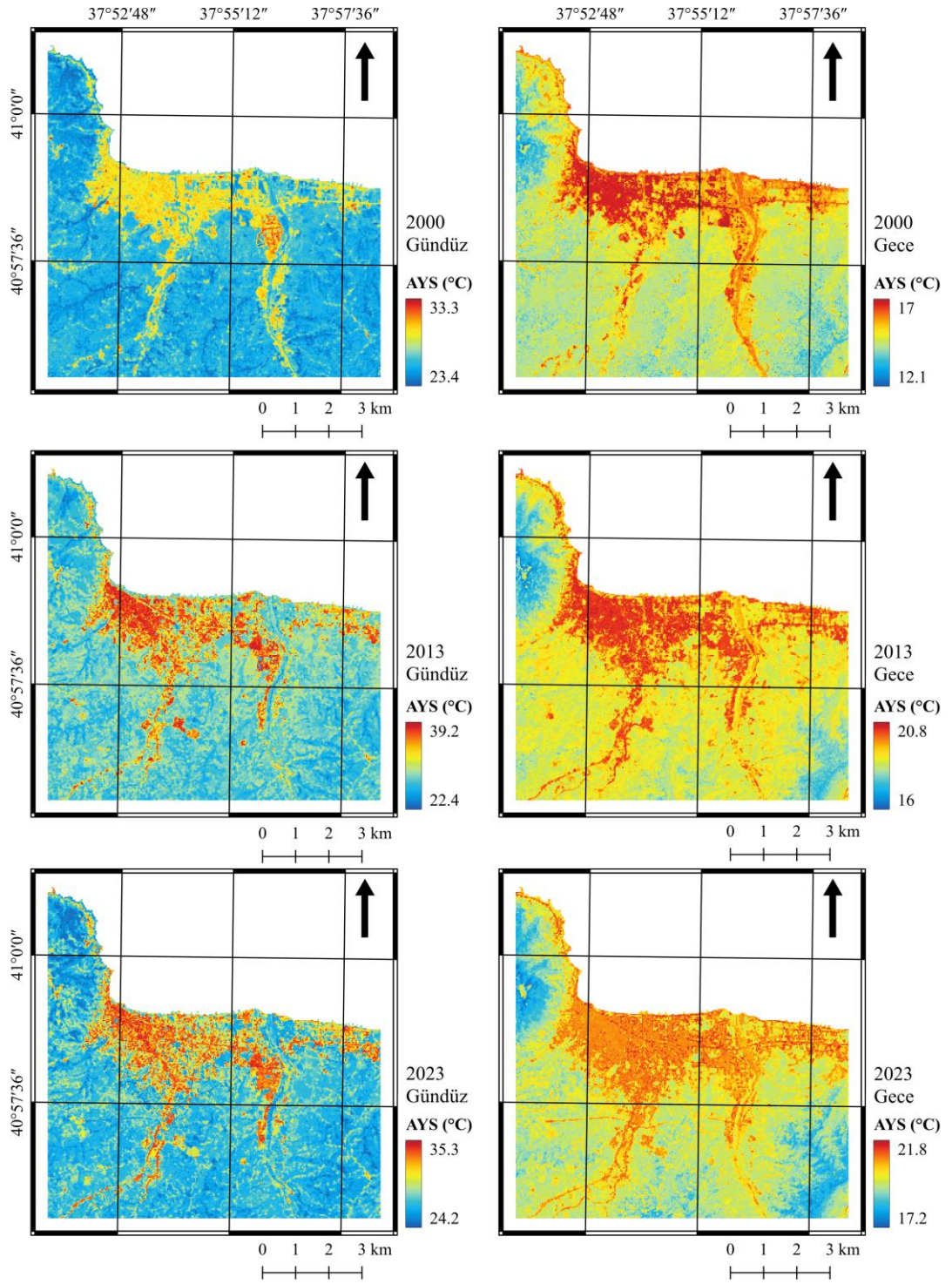
MODIS/LST ürünleri ve Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılarak ölçek küçültme süreci ile tahmin edilen gündüz ve gece AYS değerlerinin yıllara göre mekânsal dağılımı Şekil 4.22’de verilmiştir. AYS değerleri maviden kırmızı rene doğru gidildikçe artmaktadır. 2000 yılı için gündüz AYS ortalaması 26.4°C ve gece AYS ortalaması 14.9°C olup gündüz ve gece arasındaki ortalama sıcaklık farkı 11.5°C’dir. Çalışma alanı kapsamında, gündüz ve gece arasındaki söz konusu yüzey

sıcaklığı farkı yıllar içinde azalma eğilimindedir. 2013 yılında gündüz-gece sıcaklık farkı 10.6°C'ye düşerken 2023 yılında 8.5°C'ye gerilemiştir (Çizelge 4.15). Dünyanın pek çok bölgesinde, iklim değişikliğine bağlı olarak gece ve gündüz sıcaklıklarında asimetrik değişiklikler gözlemlenmiş ve gece sıcaklıklarında kayda değer artışlar meydana gelmiştir (Stuerz ve Asch, 2019; Zhang ve ark., 2019). Söz konusu değişim çalışma alanı özelinde de kendisini göstermektedir. Çalışma alanında, 2000 ve 2023 yıllarındaki gündüz AYS ortalamaları sırasıyla 26.4°C ve 28.3°C'dir. Buna göre, gündüz AYS ortalaması 23 yıllık süreçte yaklaşık %7 artmıştır. Bununla birlikte gece AYS ortalaması aynı zaman diliminde 14.9°C'den 19.8°C'ye çıkarak yaklaşık %33 artmıştır (Çizelge 4.15). Gece sıcaklıklarındaki bu belirgin artış, gündüz ve gece yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın azalmasına katkıda bulunmuştur.

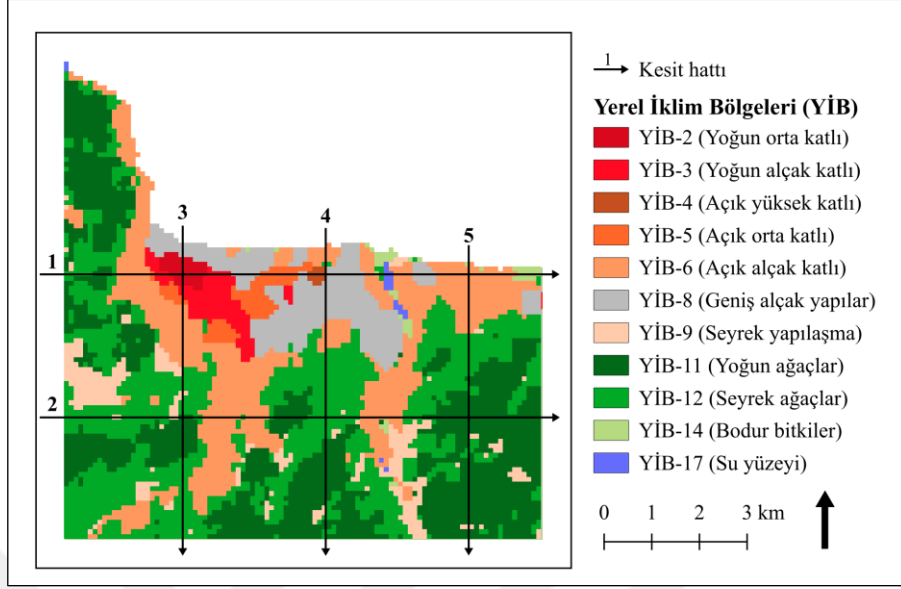
Çizelge 4.15 Gündüz ve Gece İçin AYS Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Yıl	Mevsim	Zaman	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Gündüz/gece ortalama sıcaklık farkı
2000		Gündüz	26.4	1.6	23.4	33.3	11.5
		Gece	14.9	0.8	12.1	17.0	
2013	Yaz	Gündüz	29.5	3.0	22.4	39.2	10.6
		Gece	19.0	0.7	16.0	20.8	
2023		Gündüz	28.3	2.3	24.2	35.3	8.5
		Gece	19.8	0.7	17.2	21.8	

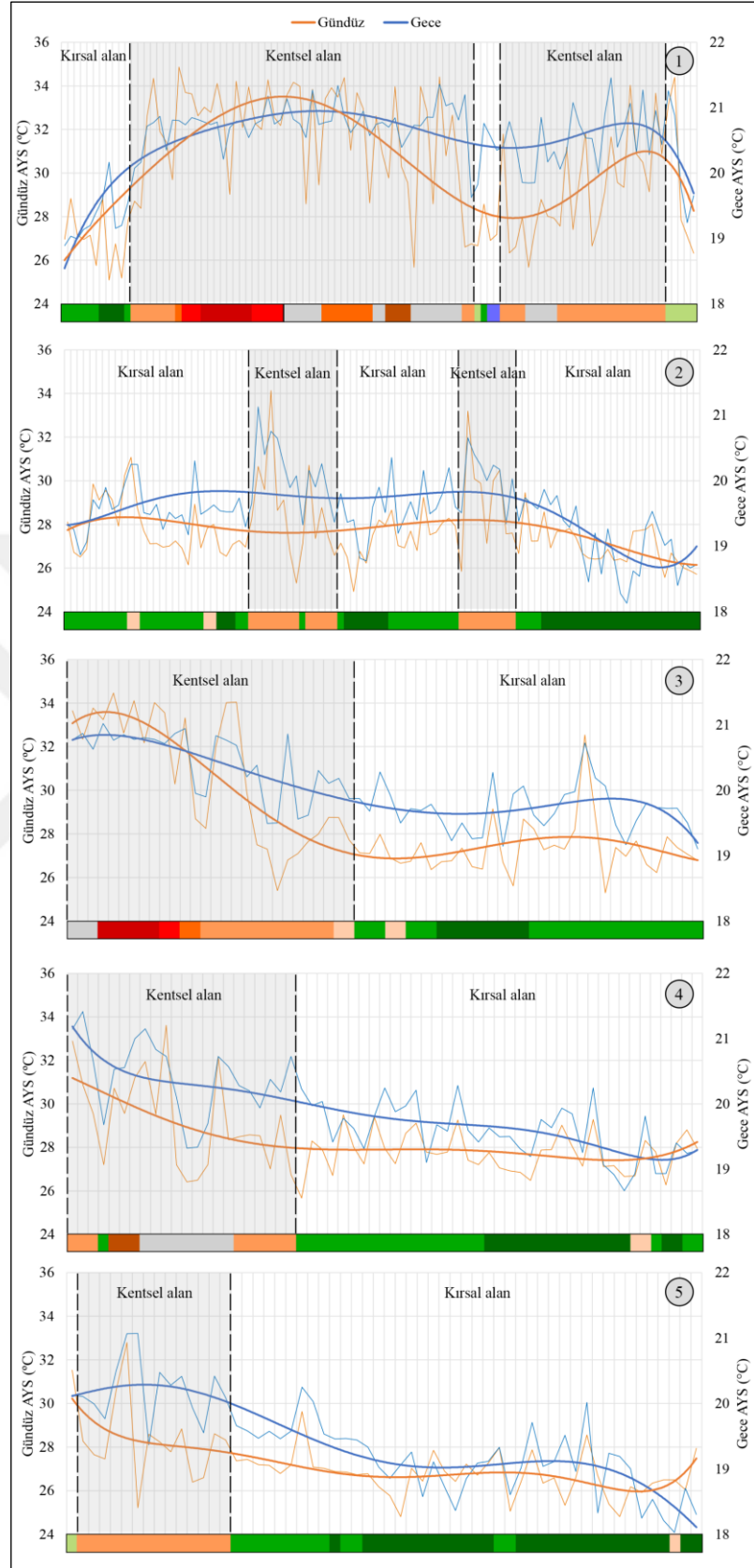
Gece ve gündüz zaman dilimlerine ait AYS değerlerinin farklı YİB sınıflarındaki değişiminin değerlendirilmesi amacıyla YİB ve gece-gündüz AYS haritalarını örtüştüren beş adet kesit alınmıştır (Şekil 4.23). 1 ve 2 numaralı kesitler çalışma alanını batı-doğu doğrultusunda keserken; 3, 4 ve 5 numaralı kesitler kuzey-güney hattında alınmıştır. Kesitlerin yatay eksenlerinde yer alan farklı renkler YİB sınıflarını temsil ederken sol düşey eksen gündüz AYS değerlerini ve sağ düşey eksen gece AYS değerlerini °C biriminden göstermektedir. Şekildeki “kentsel” ve “kırsal alan” ayrımı YİB sınıfları esas alınarak yapılmıştır. YİB-2 ile YİB-9 arasındaki tüm sınıflar içerdikleri alan kullanımları gereği kentsel alana karşılık gelirken, YİB-11 ve YİB-17 arasındaki sınıflar kırsal nitelikteki alanları tanımlamaktadır. Buna göre; gece ve gündüz AYS değerleri kentsel alanlarda belirgin şekilde artış trendini takip ederken, kırsal alanlarda nispeten daha düşük AYS seviyeleri görülmektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.22 MODIS Verileri ile Random Forest Algoritması Kullanılarak Tahmin Edilen Gündüz ve Gece AYS Değerlerinin Yıllara Göre Mekânsal Dağılımı



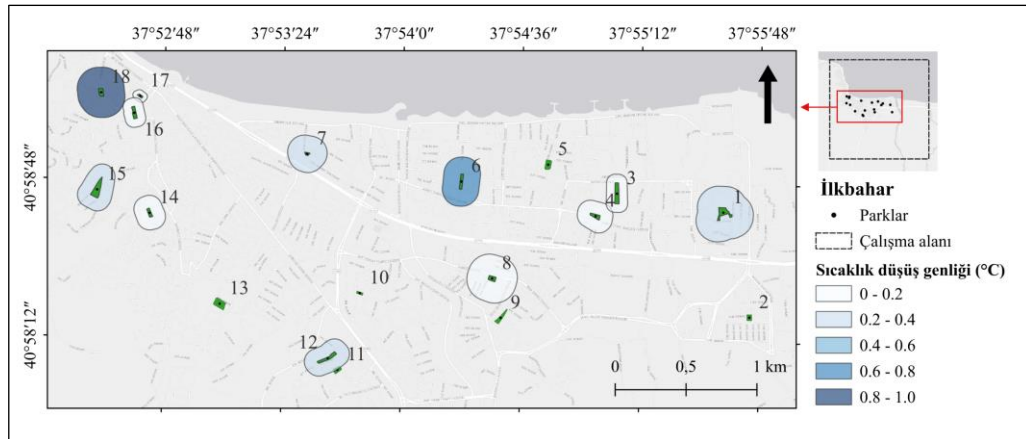
Şekil 4.23 YİB Sınıfları ile Gece-Gündüz AYS Değerlerini Örtüştüren Kesit Hatları



Şekil 4.24 Gündüz ve Gece AYS Değerlerinin YİB Sınıflarına Göre Değişimini Gösteren Kesitler

4.8 Kent Merkezindeki Parkların Serinletme Etkisi

Çalışma alanı içindeki 18 park için SDG ve SA değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.16). Parkların ilkbahar mevsimindeki SDG değerleri 0-0.86°C arasında değişirken parkların ortalama SDG değeri 0.2°C'dir. İlkbahar mevsiminde en yüksek SDG değerine sahip olan park 0.86°C ile 18 numaralı parktır. Parkların ilkbahardaki SA değerleri ise 0-150 m arasında değişmekte olup, ilkbahar için ortalama SA değeri 67 m'dir. İlkbahar için SA değeri 150 m ile en yüksek olan parklar 1, 8 ve 18 numaralı parklardır (Şekil 4.24). Parkların yaz mevsimindeki SDG değerleri 0-0.76°C arasında değişirken parkların ortalama SDG değeri 0.21°C'dir. Yazın en yüksek SDG değerine sahip olan park 0.76°C ile 13 numaralı parktır. Parkların yaz mevsimindeki SA değerleri ise 0-210 m arasında değişirken, yaz için ortalama SA değeri 98 m'dir. Yaz mevsiminde SA değeri 210 m ile en yüksek olan parklar 13 ve 18 numaralı parklardır (Şekil 4.25). Parkların sonbahar mevsimindeki SDG değerleri 0-0.64°C arasındaki değişirken parkların ortalama SDG değeri 0.16°C'dir. Sonbahar mevsiminde en yüksek SDG değerine sahip olan park 0.64°C ile yaz mevsiminde olduğu gibi 13 numaralı parktır. Parkların sonbahardaki SA değerleri ise 0-120 m arasında değişmekte olup, ortalama SA değeri 78 m'dir. SA değerinin en yüksek olduğu parklar 210 m ile 13 ve 18 numaralı parklardır (Şekil 4.26). Kış mevsiminde parkların SDG değerleri 0-0.79°C arasındaki değişirken parkların ortalama SDG değeri 0.22°C'dir. 3 ve 13 numaralı parklar 0.79°C olan SDG değeri ile kışın en yüksek SDG değerine sahiptir. Parkların kış mevsimindeki SA değerleri ise 0-210 m arasında değişirken ortalama SA değeri 80 m'dir. Kışın en yüksek SA değerine sahip olan park 300 m ile 3 numaralı parktır (Şekil 4.27).

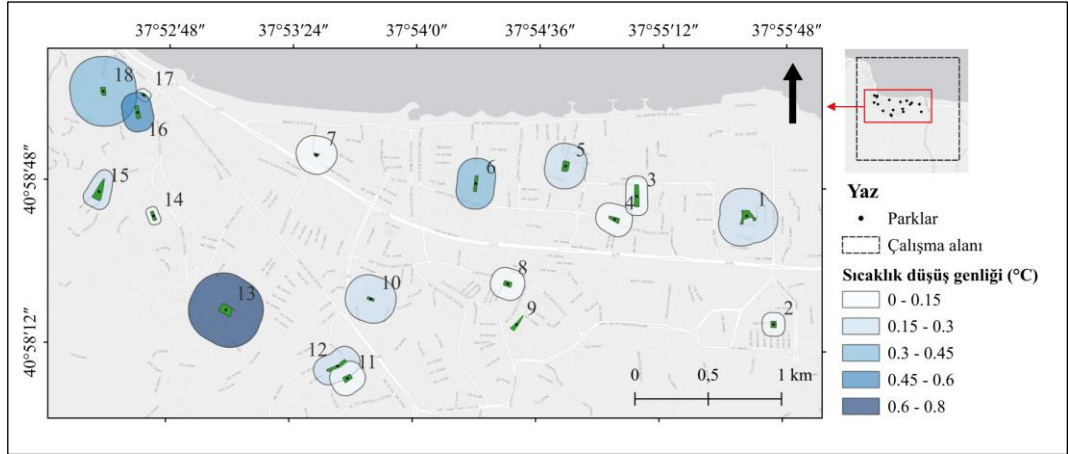


Şekil 4.25 Parkların İlkbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı

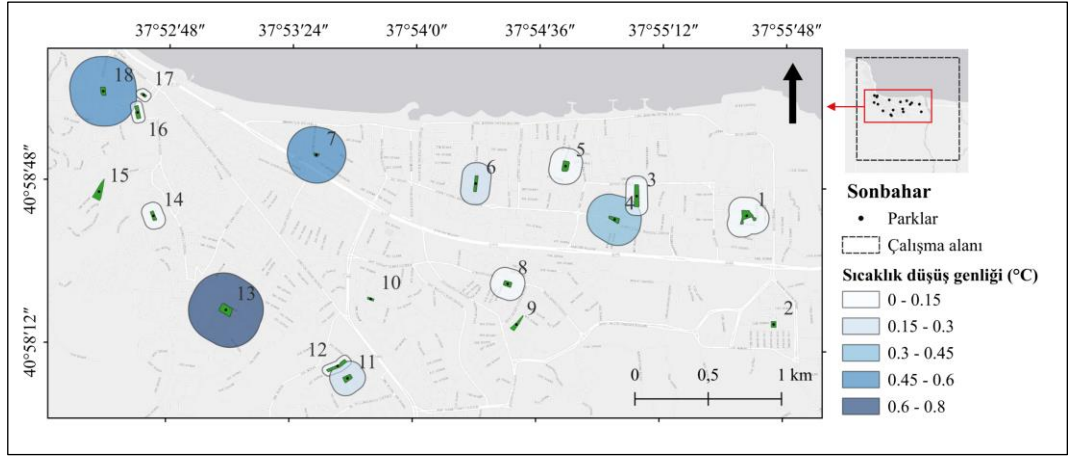
Çizelge 4.16 Parkların Serinletme Etkisi Metriklerinin Mevsimlere Göre Dağılımı

Park no	SDG- ilkbahar (°C)	SDG-yaz (°C)	SDG-sonbahar (°C)	SDG-kış (°C)	Ort. SDG	SA- ilkbahar (m)	SA-yaz (m)	SA-sonbahar (m)	SA-kış (m)	Ort. SA
1	0.30	0.18	0.12	0.15	0.19	150	150	90	90	120
2	0.00	0.13	0.00	0.00	0.03	0	60	0	0	15
3	0.14	0.15	0.08	0.79	0.29	60	60	60	300	120
4	0.09	0.10	0.35	0.53	0.27	90	90	150	150	120
5	0.00	0.19	0.03	0.08	0.08	0	120	90	60	68
6	0.68	0.45	0.17	0.14	0.36	120	120	90	60	98
7	0.24	0.14	0.48	0.28	0.29	120	120	180	150	143
8	0.18	0.15	0.13	0.02	0.12	150	90	90	120	113
9	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	0	0	0	60	15
10	0.00	0.22	0.00	0.00	0.06	0	150	0	0	38
11	0.00	0.00	0.20	0.35	0.14	0	90	90	90	68
12	0.35	0.16	0.03	0.04	0.15	90	90	30	30	60
13	0.00	0.76	0.64	0.79	0.55	0	210	210	180	150
14	0.18	0.00	0.07	0.00	0.06	90	30	60	0	45
15	0.38	0.18	0.00	0.00	0.14	90	60	0	0	38
16	0.12	0.56	0.01	0.60	0.32	60	90	30	120	75
17	0.02	0.07	0.05	0.07	0.05	30	30	30	30	30
18	0.86	0.32	0.48	0.00	0.42	150	210	210	0	143
Ort.	0.20	0.21	0.16	0.22	-	67	98	78	80	-

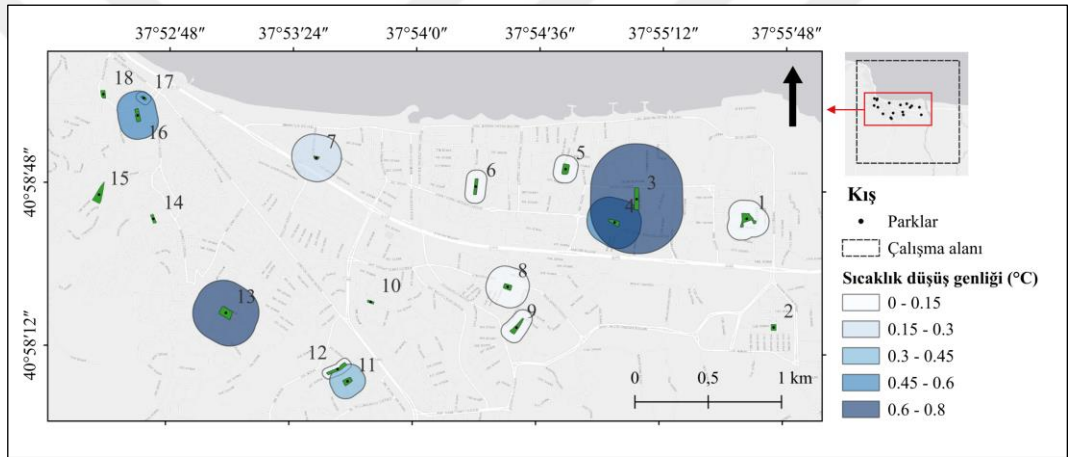
SDG: Sıcaklık Düşüş Genliği (Temperature Drop Amplitude), SA: Serinletme Aralığı (Cooling Range)



Şekil 4.26 Parkların Yaz Mevsimindeki Serinletme Performansı



Şekil 4.27 Parkların Sonbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı



Şekil 4.28 Parkların Kış Mevsimindeki Serinletme Performansı

Parkların serinletme performansı üzerinde etkili olduğu düşünülen birtakım fiziksel değişkenler ile parklardaki ağaç varlığına ilişkin değişkenler hesaplanmıştır. Çizelge 4.17’de parklara ilişkin fiziksel metrik değerleri, Çizelge 4.18’de parklardaki ağaç varlığına dair metriklerin detayları aktarılmıştır. Çalışma kapsamında, serinletme performansları değerlendirilen parkların alansal büyüklükleri 543 m² (~0.05 ha) ile 5175 m² (~0.5 ha) arasında yer alırken çevreleri ise 102-384 m arasında değişmektedir. Şekil 4.28’deki korelasyon matrisinde görüldüğü gibi, parkların büyüklüğü (PRKB) ve toplam çevre uzunlukları (PRKÇ) arasında yüksek pozitif korelasyon bulunmaktadır ($r=0.94$, $p<0.001$).

Parkların serinletme performansı üzerinde etkili olduğu varsayılan bir diğer değişken olarak çevre/alan oranları hesaplanmıştır. Çevre/alan oranları 0.06 ile 0.19 arasında değişmektedir. Çevre/alan oranı arttıkça daha düzensiz ya da karmaşık bir

yapıya işaret etmekte, daha düşük bir oran ise daha kompakt veya düzenli bir park şekline işaret etmektedir. Parkların şekil karmaşıklığına dair bir diğer değişken ise peyzaj şekil indeksidir. Parkların PŞİ değerleri 1.11 ile 1.78 arasında değişmektedir. Çevre/alan oranlarına göre en karmaşık şekil yapısına sahip parklar 7 ve 17 numaralı parklar iken PŞİ değerlerine göre en düzensiz ve karmaşık yapıdaki park 12 numaralı parktır. Parkların büyüklüğü ile PŞİ arasında herhangi bir ilişki bulunmamakla birlikte parkların çevre uzunluğu arttıkça PŞİ değerleri de artmaktadır ($r=0.64$, $p<0.01$). Parkların PŞİ değerleri ile pozitif korelasyona sahip diğer önemli değişkenler tür zenginliği (TZNG) ve tür çeşitliliğidir (TÇŞT). PŞİ ile TZNG arasındaki korelasyon katsayısı 0.56, PŞİ-TÇŞT arasındaki korelasyon katsayısı 0.58'dir ($p<0.05$). Buna göre; parkın şekilsel yapısı karmaşıklaştıkça, söz konusu parktaki ağaç türlerinin sayısının ve ağaç çeşitliliğinin arttığı sonucuna varılmaktadır. Ağaç türlerinin ve ağaç çeşitliliğinin en yüksek olduğu park 16 numaralı park olup, parkta 15 farklı ağaç türü bulunmaktadır (Çizelge 4.18). Parklarda kaydedilen toplam 412 ağacın 225'i (%54.6) yaprak döken, geri kalan 187 ağaç ise her dem yeşil türlerdir. Yaprak döken ağaç türü sayısı 31 iken her dem yeşil ağaç türlerinin sayısı ise 20'dir. Parklarda en fazla sayıda birey ile temsil edilen beş yaprak döken ağaç türü *Robinia pseudoacacia* L. 'Umbraculifera' (48, %11.7), *Acer negundo* L. (25, %6.1), *Aesculus hippocastanum* L. (19, %4.6), *Acer pseudoplatanus* L. (17, %4.1) ve *Platanus orientalis* L. (12, %2.9)'tir. En bol bulunan beş her dem yeşil ağaç türü ise *Pinus pinaster* Aiton (47, %11.4), *Cupressus arizonica* Greene (30, %7.4), *Pinus pinea* L. (28, %6.8), *Cupressus sempervirens* L. (15, %3.6) ve *Cedrus deodara* (Roxb. ex. D. Don) G. Don (12, %2.9)'dır. Tür zenginliği ve tür çeşitliliği ile pozitif korelasyon gösteren diğer iki değişken park büyüklüğü ve park çevresidir (Şekil 4.28). Park büyüklüğü ile tür zenginliği arasındaki korelasyon katsayısı 0.74 ($p<0.001$) ve tür çeşitliliği arasındaki korelasyon katsayısı 0.64'tür ($p<0.01$). Bu durum, parkların alansal büyüklüğü arttıkça içerdikleri ağaç türlerinin sayısının ve tür çeşitliliğinin de o ölçüde artabileceğini işaret etmektedir.

Örnek park alanlarındaki SDG ve SA değerlerine ilişkin dört mevsim ortalamasının en yüksek olduğu 13 numaralı parkta (Çizelge 4.16) en fazla sayıda bulunan ağaç türü *Robinia pseudoacacia* L. 'Umbraculifera' türüdür (%48.8). Erzurum kentinde yapılan bir araştırmada, *Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera'

türünün en düşük yüzey sıcaklığına sahip ağaç türlerinden biri olduğu tespit edilmiştir (Irmak ve ark., 2018). Ordu kentindeki peyzaj alanlarında sıkça kullanılan ve iyi gelişim gösteren bu tür, sağlayacağı serinletme etkisi ile KIA etkisinin azaltılmasında önemli bir rol üstlenebilir. 13 numaralı parktan sonra, SA değeri ortalamasının en yüksek olduğu parklar 7 ve 18 numaralı parklardır. 7 numaralı parkta yer alan 10 ağacın 9'u *Cupressus arizonica* L. türüne ait bireyler iken 18 numaralı parkta en fazla sayıda bulunan ağaç türleri; *Cupressus sempervirens* L. (11 adet), *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl. (9 adet) ve *Cupressus arizonica* Greene (4 adet) türleridir. Dört mevsim SDG ortalaması bakımından da 18 numaralı park, 13 numaralı parktan sonra ikinci sırada gelmektedir. 13 numaralı park dışarıda tutulduğunda söz konusu parklarda yer alan ağaçların neredeyse tamamının her dem yeşil türler olması dikkat çekicidir. Bununla birlikte, yaprak döken ağaç türlerinin genellikle iğne yapraklı ağaçlardan daha etkili bir serinletme etkisi sunduğu düşünülmektedir. Bu iddia, kentsel ağaçların serinletici etkisinin terleme süreciyle yakından ilişkili olmasına dayandırılmaktadır (Konarska ve ark., 2015; Gupta ve ark., 2018). Yaprak döken ağaçların daha yüksek terleme-buharlaştırma kapasitesine sahip olması, yaprak döken ağaçlarla kaplı alanlarda iğne yapraklı ağaçların bulunduğu alanlara göre daha düşük sıcaklıkların görülmesine neden olmaktadır (Stanley ve ark., 2019). Özetle, kentlerdeki peyzaj alanlarında uygun ağaç türlerinin seçimi, bu alanların serinletme etkilerinin artırılmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Terleme kapasitesi yüksek olan ve yoğun gölgelik sağlayan ağaç türleri, kentsel ortamlarda ısının azaltılması için en etkili araçlar olma potansiyeline sahiptir. Farklı ağaç türlerinin kentsel mekânlardaki serinletici etkilerini anlamak, KIA etkisiyle mücadele etmek için daha etkili ve sürdürülebilir yeşil alanların tesis edilmesinde ilgililere yardımcı olabilir.

Parklardaki termal konfor düzeyini ve parkların serinletme performansını etkileyen (Aram ve ark., 2019; Zhu ve ark., 2021) bir diğer faktör olarak, balıkgözü fotoğraflar kullanılarak üretilen ortalama GGO değerlerinden yararlanılmıştır. Parkların GGO ortalaması 0.44 ile 0.85 arasında değişmektedir. Bitki örtüsü, gökyüzünün doğrudan görünmesini engellediğinden GGO değerlerini etkilemektedir (Daramola ve Balogun, 2019). Bir kentsel yeşil alan için artan GGO oranı, gölge ve kapalılık yaratan bitki örtüsünün görece az olduğuna işaret etmektedir. Şekil 4.28'deki

korelasyon matrisinde görüldüğü üzere ağaç örtüsü ile GGO arasındaki yüksek negatif korelasyon bulunmaktadır ($r=-0.70$, $p<0.01$). GGO ile AGCY ve BOY değişkenleri arasındaki ilişkiye bakıldığında; ağaç yoğunluğu ve ortalama ağaç boyu arttıkça parkların ortalama GGO değerlerinin düştüğü anlaşılmaktadır ($p<0.05$). Parkların denize olan uzaklıkları ile GGO ortalamaları arasında ise pozitif korelasyon bulunmaktadır ($r=0.66$, $p<0.05$). Denizden iç kesimlere doğru gidildikçe, parkların GGO ortalaması artarken, ağaç örtüsü ($r=-0.50$) ve ağaç yoğunluğu ($r=-0.54$) azalmaktadır ($p<0.05$).

Parkların ortalama yükselteleri 4 ile 79 m arasında değişmektedir. 1 ve 5 numaralı parklar 4 m rakımları ile deniz seviyesine en yakın parklar iken 13 numaralı park 79 m rakım ile deniz seviyesine göre en yukarıda yer alan parktır. Parkların ortalama yükseltisi ile tüm değişkenler arasındaki korelasyona bakıldığında yalnızca denize uzaklık ile anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($r=0.54$, $p<0.05$). Çalışma alanının topoğrafik yapısı gereği denizden uzaklaştıkça yükseltinin artması beklenen bir durumdur.

Çizelge 4.17 Parklara İlişkin Fiziksel Metrik Değerleri

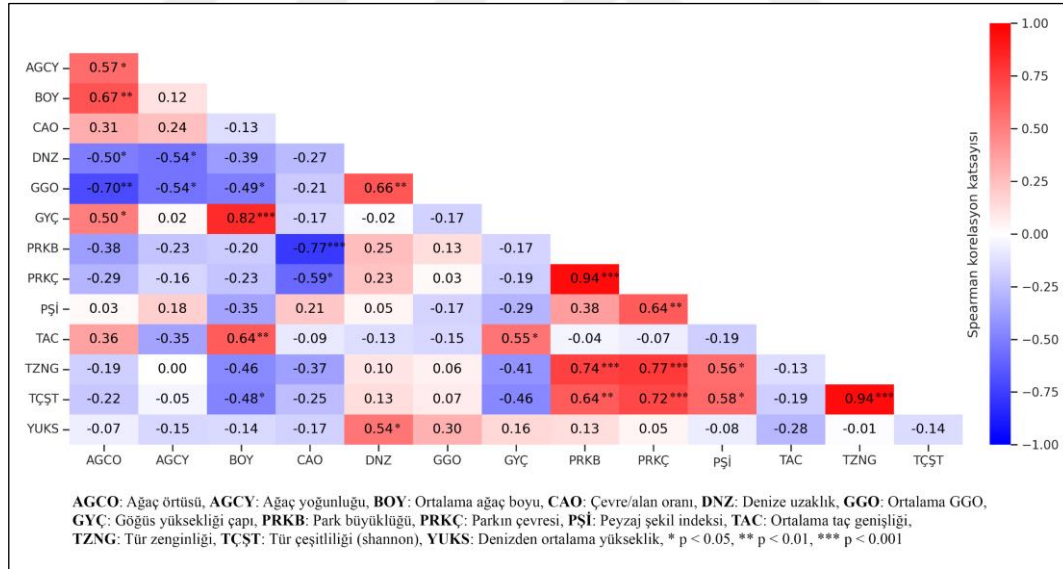
Park no	Parkın alanı (m ²)	Parkın çevresi (m)	Çevre/alan oranı	PŞİ	Ortalama GGO	Ortalama yükselti (m)	Denize uzaklık (m)
1	4112	384	0.09	1.69	0.63	4	832
2	1443	153	0.11	1.13	0.85	6	1492
3	4162	353	0.08	1.54	0.79	6	589
4	1755	193	0.11	1.30	0.78	8	730
5	2694	204	0.08	1.11	0.55	4	349
6	1910	249	0.13	1.61	0.46	5	459
7	543	102	0.19	1.23	0.68	6	302
8	1631	162	0.10	1.13	0.77	11	1143
9	2667	284	0.11	1.55	0.68	13	1450
10	779	126	0.16	1.27	0.72	10	1272
11	1884	178	0.09	1.16	0.80	49	1826
12	2720	329	0.12	1.78	0.85	34	1740
13	4434	268	0.06	1.14	0.85	79	1429
14	1333	169	0.13	1.30	0.65	21	993
15	5175	364	0.07	1.43	0.51	42	1024
16	2068	223	0.11	1.38	0.72	9	374
17	552	106	0.19	1.27	0.44	10	245
18	1624	166	0.10	1.16	0.63	25	394

PŞİ: Peyzaj Şekil İndeksi (Landscape Shape Index), GGO: Gökyüzü Görünürlük Oranı (Sky View Factor)

Çizelge 4.18 Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrik Değerleri

Park no	Tür çeşitliliği (Shannon)	Tür zenginliği	Ortalama GYÇ (cm)	Ortalama boy (m)	Ortalama TAC (m)	Ağaç yoğunluğu (ağaç/ha)	Ağaç örtüsü (%)
1	2.08	10	26.4	8.1	5.7	105	36.3
2	1.37	5	25.1	7.4	6.6	76	26.3
3	1.83	12	15.9	4.3	4.5	120	12.4
4	1.15	4	22.7	6.4	6.7	40	15.7
5	1.17	4	30.5	11.9	10.3	52	30.8
6	2.05	10	14.0	5.0	4.1	115	25.7
7	0.33	2	33.4	9.4	6.1	184	55.6
8	0.00	1	37.3	9.9	6.1	104	31.2
9	1.99	10	22.9	6.4	6.2	101	35.9
10	0.97	3	17.7	5.5	4.8	103	34.3
11	1.62	7	31.6	5.7	4.9	80	16.0
12	1.72	7	20.0	5.3	4.6	59	13.2
13	1.72	10	12.1	4.0	3.5	97	8.3
14	0.69	3	31.2	8.7	5.8	98	36.1
15	1.29	10	44.2	10.6	7.9	104	64.1
16	2.62	15	29.8	7.7	6.5	102	46.8
17	1.22	5	17.4	6.9	5.7	308	66.3
18	1.02	3	30.9	10.0	4.1	148	39.0

GYÇ: Göğüs Yüksekliği Çapı, TAC: Taç Genişliği



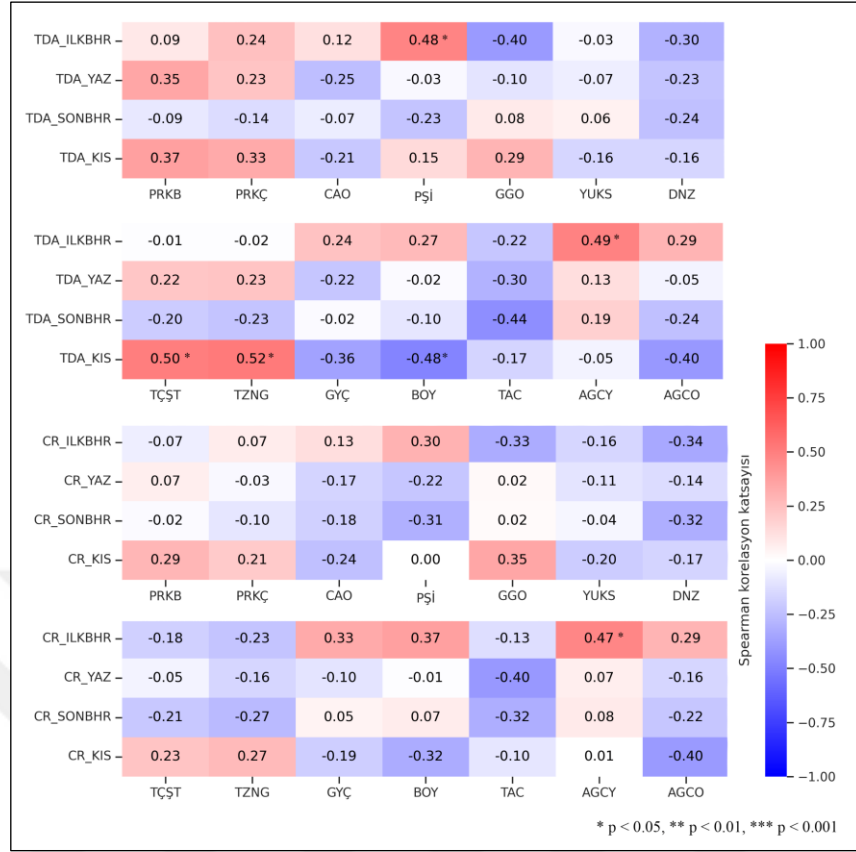
Şekil 4.29 Parklara İlişkin Fiziksel Metrikler ile Parklardaki Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler Arasındaki Korelasyon

Parklar için hesaplanan serinletme etkisi metrikleri ile parkların fiziksel özelliklerine ilişkin metrikler ve parklardaki ağaç varlığına ilişkin metrikler arasındaki korelasyon katsayıları Şekil 4.29’da verilmiştir. Sıcaklık düşüş genliği (SDG) ile parkların fiziksel yapısına ilişkin metrikler arasında yalnızca ilkbaharda, PŞİ parametresi ile anlamlı bir korelasyon bulunmaktadır ($r=0.48$, $p<0.05$). Parkların

şekilsel karmaşıklığının artması sıcaklık düşüş genliğini artırdığından, parkların serinletme performansına olumlu katkı sunabilir. Sıcaklık düşüş genliği ile parklardaki ağaç varlığına ilişkin metrikler arasındaki ilişkiye bakıldığında, parklardaki ağaç yoğunluğunun ilkbaharda sıcaklık düşüş genliği ile pozitif korelasyon gösterdiği görülmüştür ($r=0.49$, $p<0.05$). Parklardaki ağaç yoğunluğunun artması ile sıcaklık düşüş genliğinin de artması parkların serinletme performansını güçlendirecektir. Sıcaklık düşüş genliği parametresi, kış mevsiminde tür zenginliği ve tür çeşitliliği ile pozitif korelasyon göstermektedir. Parklarda ağaç türleri bakımından çeşitliliğin artması parkların serinletme gücünü desteklemektedir (Wang ve ark., 2021; Barradas ve ark., 2022).

Parkların serinletme performansının bir diğer göstergesi olan serinletme aralığı (SA) ile parkların fiziksel yapısına ilişkin hiçbir parametre arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamaktadır ($p>0.05$). Parklardaki ağaç varlığına ilişkin metriklerden ise yalnızca ağaç yoğunluğu, ilkbahar mevsimi için serinletme aralığı ile pozitif korelasyon göstermektedir ($r=0.47$, $p<0.05$). Parklardaki ağaç yoğunluğunun artırılması serinletme aralıklarını da genişletme potansiyeline sahiptir. Serinletme aralığının genişlemesi, parkların çevresi üzerindeki serinletici etkinin yaygınlığının artması anlamına gelmektedir. Yapılan araştırmalarda daha büyük parkların genellikle daha geniş bir serinletme aralığına sahip olduğu kabul edilmektedir (Yang ve ark., 2017; Tu ve ark., 2022). Bununla birlikte; park büyüklüğü ile serinletme aralığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Türkiye ve dünyadaki çeşitli kentlerde yürütülen araştırmaların sonuçlarına bakıldığında, Ordu kent merkezindeki parkların serinletme performansının oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Çizelge 4.19’da bu araştırma kapsamında ele alınan parkların serinletme etkisi ile diğer araştırmaların sonuçları birlikte verilmiştir. Referans alınan çalışmalarda, bu çalışma kapsamında değerlendirilen tüm park özellikleri yer almadığından çizelgedeki bazı alanlar boş bırakılmıştır. Ordu kent merkezindeki parkların sağladığı en yüksek serinletme aralığı 98 m ve en yüksek sıcaklık düşüş genliği değeri 0.22°C iken, diğer araştırmalarda serinletme aralığının 570 m’ye (Du ve ark., 2017) ve sıcaklık düşüş genliğinin 3.4°C ’ye (Wang ve ark., 2021) kadar çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.30 Serinletme Etkisi Metrikleri ile Fiziksel Metrikler ve Ağaç Varlığına İlişkin Metrikler Arasındaki Korelasyon

Ordu kent merkezindeki parkların neden oldukça düşük serinletme performansına sahip olduklarının anlaşılabilmesi için hangi faktör ya da faktörler bakımından diğer örneklerden ayrıştığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Parklardaki ağaç örtüsü oranlarına bakıldığında; Pramanik ve Punia (2019), Qiu ve Jia (2020) ile Blachowski ve Hajnrych (2021) tarafından yürütülen araştırmalarda, bu çalışmadaki parklardan daha düşük ağaç örtüsüne sahip parklar da olmasına rağmen ortalama SA ve SDG değerleri bakımından sağladıkları serinletme performansı daha yüksek olmuştur. Peyzaj şekil indeksi (PŞİ) bakımından, Ordu kent merkezindeki parkların ortalaması; Du ve ark., (2017), Blachowski ve Hajnrych (2021) ile Tan ve ark., (2021) tarafından araştırılan parkların ortalama PŞİ değerinden daha düşüktür. Düşük PŞİ ortalaması parkların biçimsel karmaşıklığının da düşük olduğu anlamına gelmektedir. Parkların biçimsel karmaşıklığı arttıkça ortalama yüzey sıcaklığının azalma eğiliminde olduğunu (Zhou ve ark., 2011) ve böylece daha yüksek bir serinletme potansiyeli taşıdıklarını bildiren çalışmalar göz önüne alındığında; Ordu kent merkezindeki parkların görece daha az karmaşık ve kompakt yapıda olmalarının

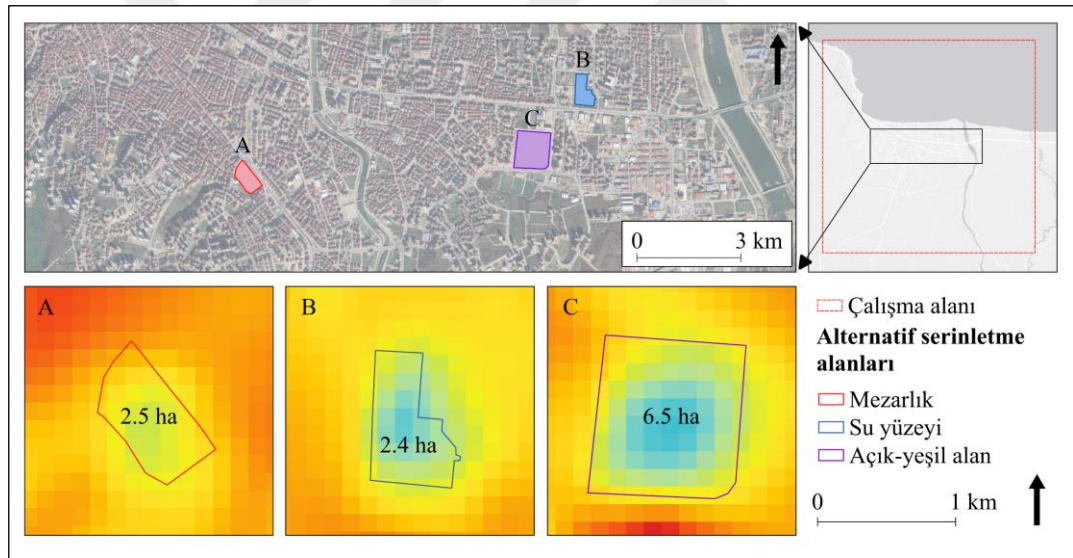
serinletme performanslarını olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Ordu kent merkezindeki parklarda, ağaç yoğunluğu ortalaması hektarda 110 ağaca karşılık gelmektedir. Bu sayının, diğer iki araştırmadaki (Wang ve ark., 2018; Wang ve ark., 2021) ağaç yoğunluğu ile kıyaslandığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. Söz konusu durum parkların düşük serinletme performansı göstermesi ile ağaç yoğunluğunun yakından ilişkili olabileceğini göstermektedir. Ortalama ağaç boyu ve ortalama göğüs yüksekliği çapı parametreleri bakımından Ordu kent merkezindeki parklar ile referans alınan çalışmalar arasında önemli bir fark görülmemektedir. Shannon çeşitlilik indeksi tabanlı olarak hesaplanan ortalama tür çeşitliliği değeri (1.38), Wang ve ark., (2021) tarafından bulunan değerin (2.38) altında olsa da parkların serinletme performansını doğrudan etkilediğini söylemek için yeterli kanıt oluşturmamaktadır.

Ordu kent merkezindeki parkların hem serinletme aralığı (SA) hem de sıcaklık düşüş genliği (SDG) değerleri, diğer araştırmalardaki değerlerin oldukça altındadır. Bu noktada park büyüklüğünün belirleyici değişken olduğu düşünülmektedir. Ordu kent merkezindeki parkların büyüklüğü diğer örneklerle karşılaştırıldığında son derece küçük kalmaktadır. Parkların büyüklüğü 0.05 hektar ile 0.5 hektar arasında değişmekte olup ortalama park büyüklüğü yalnızca 0.23 hektardır. Diğer araştırmalarda serinletme performansları değerlendirilen parkların büyüklüğü Delhi kentinde 1548 hektara (Pramanik ve Punia, 2019), Pekin’de ise 5654 hektara (Qiu ve Jia, 2020) kadar çıkmaktadır. Diğer araştırmalardaki ortalama park büyüklüğü 1.6 hektar ile 217.8 hektar arasında değişirken, Ordu kentindeki 0.23 hektara karşılık gelen ortalama park büyüklüğü oldukça düşük kalmaktadır. Parkların serinletme performansının belirli bir büyüklüğe kadar artış gösterdiğini, ancak bir noktadan sonra ise serinletici etkilerin azaldığını gösteren çalışmalar olmakla birlikte (Jaganmohan ve ark., 2016) genel eğilim park büyüklüğü arttıkça serinletme etkisinin artacağı yönündedir. Sonuç olarak; park büyüklüğünün diğer tüm değişkenlerden bağımsız olarak serinletme etkisi üzerinde sınırlayıcı bir faktör olduğu anlaşılmaktadır. Yeterli park büyüklüğüne ulaşılmadığında, parklara ilişkin diğer özellikler ile serinletme performansları arasında görülmesi beklenen anlamlı ilişkiler kurulamamaktadır.

Çizelge 4.19 Parkların Serinletme Performansı ile Literatürdeki Diğer Araştırma Bulgularının Karşılaştırılması

Tür çeşitliliği (Shannon)	Ortalama GYÇ (cm)	Ortalama boy (m)	Ağaç yoğunluğu (Ağaç/ha)	PŞİ	Ağaç örtüsü (%)	Park büyüklüğü (ha)	Ortalama SA / Ortalama SDG (Mevsim)	Park/yeşil alan sayısı	Şehir / Ülke	Referans
0.00 - 2.62 (Ort: 1.38)	12.1 - 44.2 (Ort: 25.7)	4.0 - 11.9 (Ort: 7.4)	40 - 308 (Ort: 110)	1.11 - 1.78 (Ort: 1.34)	8.3 - 66.3 (Ort: 33.0)	0.05 - 0.5 (Ort: 0.23)	67 m / 0.2°C (İlkbahar) 98 m / 0.21°C (Yaz) 78 m / 0.16°C (Sonbahar) 80 m / 0.22°C (Kış)	18	Ordu / Türkiye	Bu araştırma
-	-	-	-	1.11 - 3.68 (Ort: 1.89)	-	1.12 - 205.32 (Ort: 37.2)	570 m / 3.0°C (Yaz)	68	Şangay / Çin	Du ve ark. (2017)
-	-	-	-	-	-	2.09 - 143.0 (Ort: 50.5)	300 m / 1.24°C (Sonbahar)	3	Abuja / Nijerya	Chibuike ve ark. (2018)
-	16.8 - 31.4 (Ort: 24.2)	6.31 - 9.19 (Ort: 7.9)	69 - 535 (Ort: 262)	-	28.7 - 65.7 (Ort: 47.1)	2.5 - 50.9 (Ort: 14.1)	117 m / 2.5°C (İlkbahar)	18	Changzhou / Çin	Wang ve ark. (2018)
-	-	-	-	-	0.1 - 76.7 (Ort: 22.8)	17.4 - 1548.0 (Ort: 217.8)	148 m / 2.1°C (İlkbahar)	15	Delhi / Hindistan	Pramanik ve Punia (2019)
-	-	-	-	-	1.4 - 99	0.39 - 5654	313 m / 1.71°C (Sonbahar)	266	Pekin / Çin	Qiu ve Jia (2020)
-	-	-	-	1.43 - 2.61 (Ort: 1.79)	7.8 - 92.1 (Ort: 59.2)	8.8 - 76.9 (Ort: 39.6)	307 m / 2.8°C (Yaz)	4	Wroclaw / Polonya	Blachowski ve Hajnrych (2021)
-	-	-	-	1.41 - 3.05 (Ort: 2.84)	-	0.12 - 10.27 (Ort: 2.6)	140 m / 0.87°C (Sonbahar)	23	Nanning / Çin	Tan ve ark. (2021)
1.27 - 3.24 (Ort: 2.38)	12.2 - 26.5 (Ort: 19.5)	6.1 - 9.2 (Ort: 7.4)	15 - 678 (Ort: 259)	-	13.8 - 63.6 (Ort: 48.4)	0.45 - 26.8 (Ort: 8.7)	178 m / 2.1°C (İlkbahar) 138 m / 2.1°C (Yaz) 87 m / 3.4°C (Sonbahar) 72 m / 0.9°C (Kış)	15	Changzhou / Çin	Wang ve ark. (2021)
-	-	-	-	-	-	1.0 - 342.0 (Ort: 36.1)	169 m / 1.18°C (Yaz)	36	Xi'an / Çin	Zhang ve ark. (2022)
-	-	-	-	-	-	1.25 - 50.22 (Ort: 14.8)	194 m / 3.22°C (Yaz)	28	Zhengzhou / Çin	Cai ve ark. (2023)
-	-	-	-	-	-	0.22 - 8.39 (Ort: 1.6)	300 m / 0.5°C (Yaz)	12	İzmir / Türkiye	Yüksel ve Hepcan (2023)
-	-	-	-	-	62 - 77 (Ort: 70.7)	0.58 - 17.0 (Ort: 6.4)	200 m / 1.1°C (Yaz)	3	Elazığ / Türkiye	Menteş ve ark. (2024)

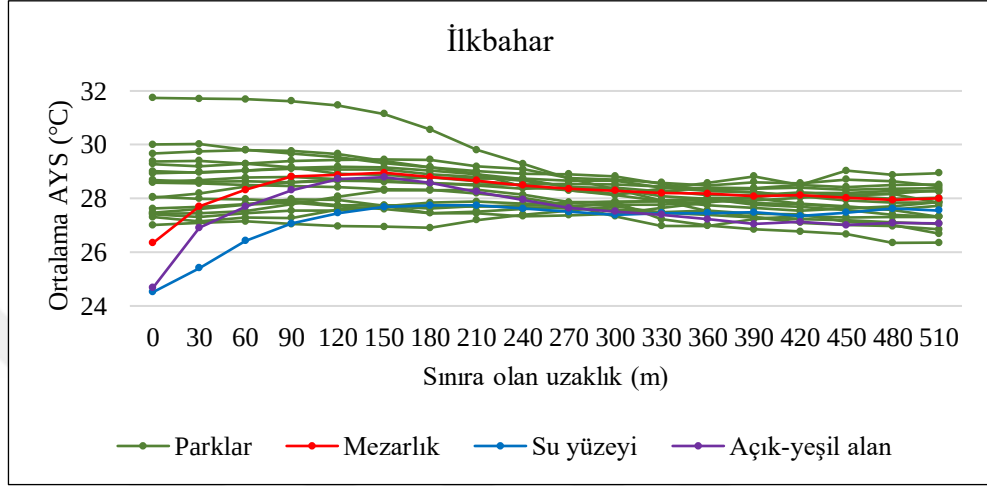
Alansal büyüklüklerinin yetersiz olması sonucunda etkili bir serinletme performansı gösteremeyen parklara alternatif olarak, araştırma alanı içerisinde park niteliği taşımayan 3 alternatif serinletme alanı incelenmiştir (Şekil 4.31). Bunlar; 2.5 ha büyüklüğündeki Şahincili Şehir Mezarlığı (A), 2.4 ha büyüklüğündeki zamanla geçirimsiz bir inşaat alanını kaplamış olan su yüzeyi (B) ve içerisinde büyük oranda doğal vejetasyon yapısını barındıran kent içi açık-yeşil alandır (C). Alternatif serinletme alanlarına ilişkin serinletme metrikleri (SA ve SDG), parkların serinletme performansının belirlendiği metodoloji izlenerek dört mevsim için hesaplanmıştır. Ardından; parkların serinletme performansı ile söz konusu alternatif serinletme alanlarının performansları karşılaştırılmıştır. Burada amaçlanan; ağaç örtüsü, peyzaj şekil indeksi ya da geçirimsiz yüzey oranı gibi diğer fiziksel ve bitki örtüsüne ilişkin özelliklerden bağımsız olarak yalnızca alansal büyüklüğün artırılması ile serinletme performansının artıp artmayacağını test edilmesidir.



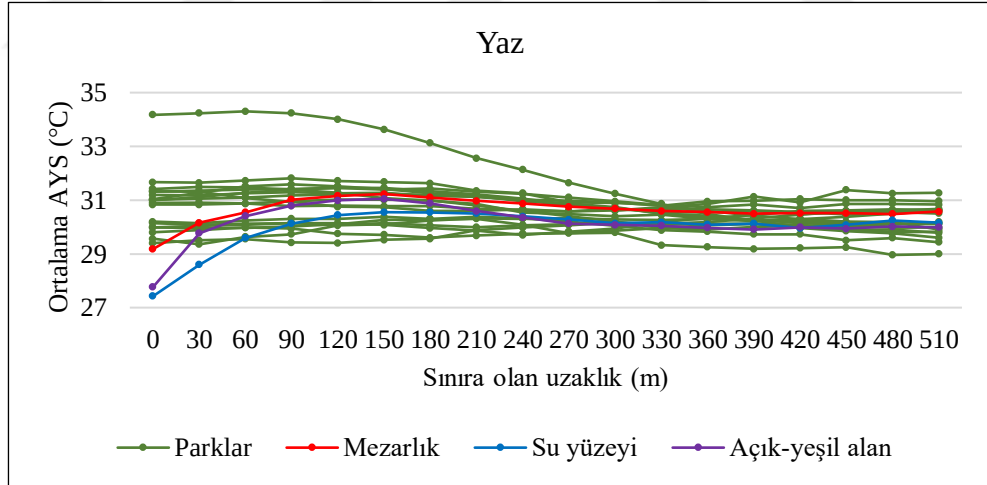
Şekil 4.31 Kent Merkezinde Yer Alan Farklı Karakterdeki Alternatif Serinletme Alanları

Şekil 4.32-35, parklar ile alternatif serinletme alanlarının dört mevsimdeki serinletme profillerini göstermektedir. Etkili bir serinletme performansının en önemli göstergesi, referans alınan parkın ya da herhangi bir alanın sınırına yaklaştıkça, sıcaklık profilinin belirli bir noktada dramatik bir şekilde kırılarak azalmasıdır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde parkların sıcaklık profilinin genel olarak kırılmadığı ve düze yakın bir biçim gösterdiği görülmektedir. 2 numaralı parkın sıcaklık profili ise diğer parkların aksine park sınırına yaklaştıkça belirgin şekilde

artmaktadır. Bu durumun nedeni söz konusu parkın, önemli kentsel sıcak noktalardan biri olan sanayi bölgesinin merkezinde yer almasıdır. 2 numaralı park çevresini serinletemediği gibi çevresinden daha yüksek bir yüzey sıcaklığına sahiptir. Parkların aksine alternatif serinletme alanlarının sıcaklık profillerinde, dört mevsimde de aşağı yönlü belirgin kırılmalar görülmektedir.

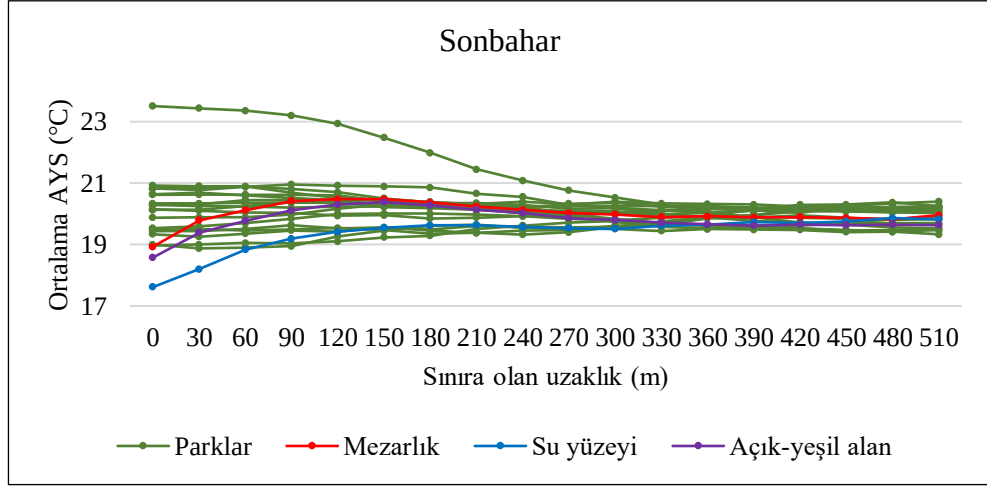


Şekil 4.32 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının İlkbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı

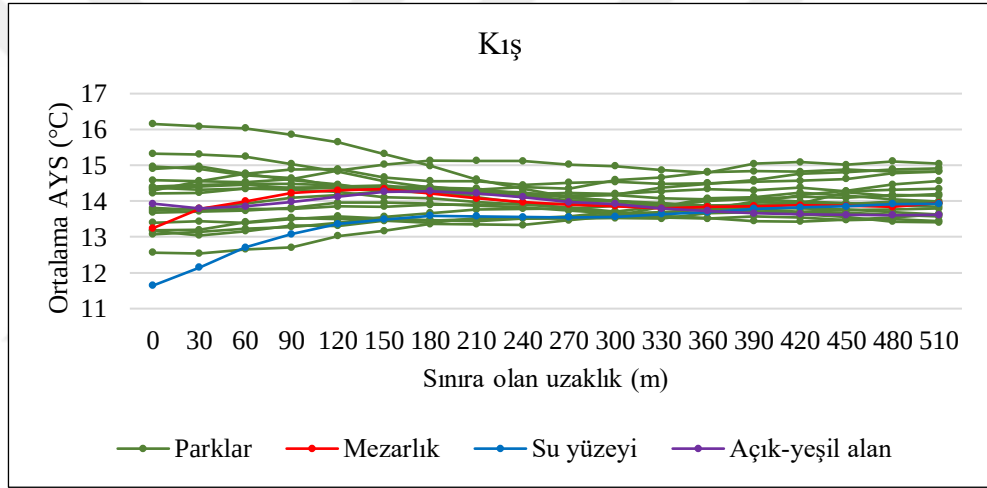


Şekil 4.33 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Yaz Mevsimindeki Serinletme Performansı

Çizelge 4.20’de Ordu kent merkezindeki parklar ile alternatif serinletme alanlarına ilişkin SDG ve SA ortalama değerleri verilirken, Şekil 4.36’da bağımsız örneklem t testine göre farklı gruplar küçük harfler ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, parklar ve alternatif serinletme alanları arasında serinletme performansı bakımından belirgin farklar olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.34 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Sonbahar Mevsimindeki Serinletme Performansı



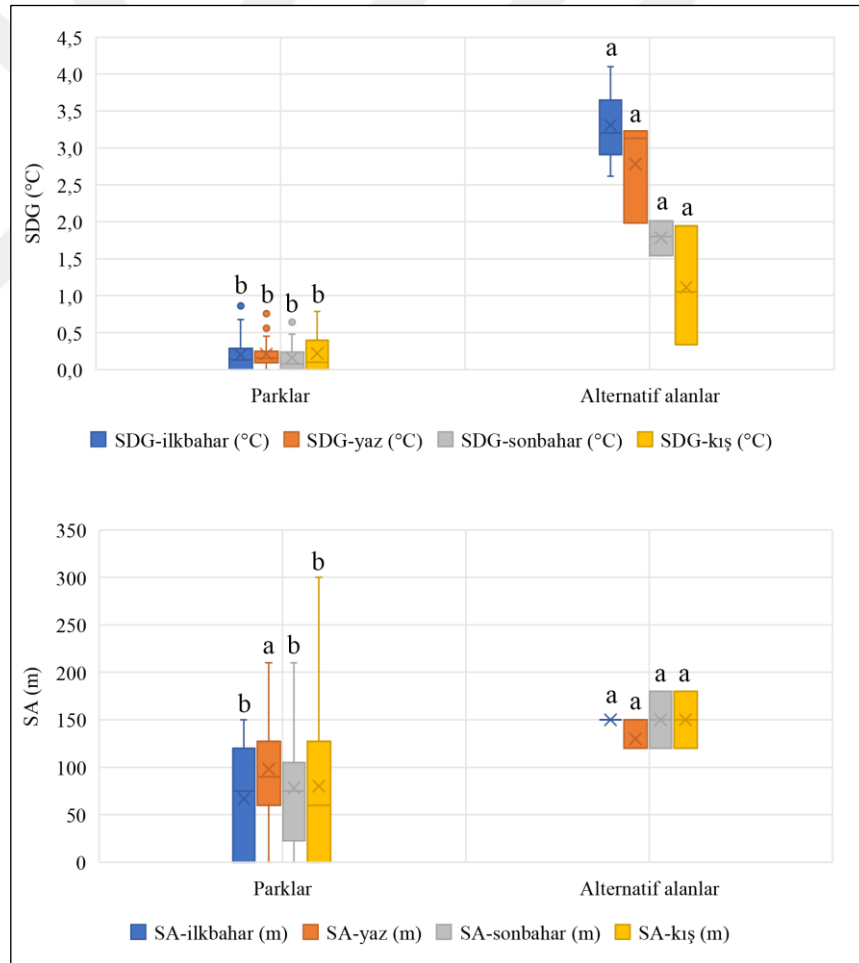
Şekil 4.35 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Kış Mevsimindeki Serinletme Performansı

İlkbahar mevsiminde parkların ortalama SDG değeri 0.2°C iken, önerilen alternatif alanların SDG ortalaması 3.3°C 'ye kadar çıkmaktadır. 67 m olan SA değeri ortalaması da alternatif alanlarda 150 m'yi bulmaktadır. İlkbaharda SDG ve SA değerleri bakımından alternatif alanların ortalaması parklardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksektir ($p < 0.05$). Yaz mevsiminde parkların ortalama SDG değeri 0.2°C iken, alternatif serinletme alanlarının SDG ortalaması 2.8°C olup aralarında fark istatistiksel bakımdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Alternatif alanların yaz mevsimindeki ortalama SA değeri, parklardan 32 m daha fazla olmasına karşılık aralarındaki bu fark istatistiksel açıdan kayda değer bir farklılık oluşturmamaktadır ($p > 0.05$). Alternatif serinletme alanlarının SDG ve SA ortalaması sonbahar ve kış mevsimlerinde de

parklardan belirgin şekilde daha yüksektir ($p<0.05$, Şekil 4.36). Sonuçlar; parklara göre alansal büyüklükleri daha fazla olan alternatif serinletme alanlarının çevrelerindeki kentsel doku üzerinde önemli bir serinletme etkisi sağladığını göstermektedir. Çalışmanın bu sonucu, Ordu kent merkezi ölçeğinde KIA etkisinin azaltılması noktasında, alansal büyüklüğü daha yüksek kentsel yeşil alanların yaratılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.20 Parklar ile Alternatif Serinletme Alanlarının Serinletme Performansının Karşılaştırılması

Grup	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
	SDG (°C) / SA (m)	SDG (°C) / SA (m)	SDG (°C) / SA (m)	SDG (°C) / SA (m)
Parklar	0.2 / 67	0.2 / 98	0.2 / 78	0.2 / 80
Alternatif alanlar	3.3 / 150	2.8 / 130	1.8 / 150	1.1 / 150



Şekil 4.36 Parkların ve Alternatif Serinletme Alanlarının Dört Mevsimdeki Serinletme Aralığı (SA) ve Sıcaklık Düşük Genliği (SDG) Ortalamaları

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının çıkış noktası; arazi örtüsü değişimleri ve kentleşme dinamiklerine bağlı olarak ortaya çıkan ve küresel iklim değişikliği ile giderek daha fazla hissedileceği öngörülen KIA etkisinin kentlerde pek çok problemi beraberinde getirmesidir. Bu bağlamda; KIA etkisi ile bağlantılı problemlerin çözülmesi ve olası problemlerin önlenmesi noktasında, KIA etkisindeki alanların mekânsal olarak tanımlanması, bu alanların zamansal ve mekânsal düzlemlerde karakterinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Araştırmada kullanılan termal uydu verilerinin mekânsal çözünürlüğü 30 m olduğundan, KIA etkisinin mikro düzeylerde değerlendirilmesine olanak vermemektedir. Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda, termal anlamda daha yüksek mekânsal çözünürlük sunan uydu görüntüleri ya da İHA'lardaki termal algılayıcılardan sağlanan görüntülerin kullanılması gerekmektedir. Böylece, Ordu kent merkezi ölçeğinde KIA etkisinin ve kentsel sıcak nokta oluşumlarının daha detaylı bir çözümlemesine gidilebilecektir. KIA etkisi günlük ve mevsimsel olarak önemli varyasyonlar gösterebilmektedir. Dolayısıyla, günlük ve mevsimsel ölçeklerde yüksek zamansal çözünürlük sağlayan verilerin analiz edilmesi gerekmektedir. Gelecekteki araştırmalarda, bu çalışmada odaklanılan mekânsal kapsam genişletilmelidir. Ordu kent merkezinin içinde yer aldığı Altınordu ilçesi ile benzer kentleşme ve nüfus artışı potansiyeline sahip Ünye ve Fatsa ilçelerindeki KIA etkisi tüm yönleriyle incelenmelidir. Buna ek olarak; kent merkezindeki farklı peyzaj tasarımlarının ve yapılaşma konfigürasyonlarının kentsel mekândaki mikroklimatik etkilerini değerlendiren modeller oluşturulmalıdır. Ayrıca kent merkezinde özellikle kamusal alanlarda kullanılan yüzey malzemelerinin ve bitkisel tasarım uygulamalarının Ordu kentindeki KIA etkisi üzerindeki uzun vadeli etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Ordu kent merkezi ölçeğinde kentleşmenin ve KIA etkisinin gelecekteki durumu simule edilerek önlem ve azaltım planları geliştirilmelidir. Bunlara ek olarak, Ordu kent merkezindeki tüm kentsel yeşil alan düzeylerinde biyolojik çeşitliliğin KIA etkisinin azaltılmasındaki rolü araştırılmalıdır.

KIA etkisi ve küresel iklim değişikliğine bağlı süreçler çok yönlü ve kapsamlı değerlendirmeleri gerektirmektedir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak araştırmalarda; kapsamlı sonuçlara ulaşabilmek için mutlaka peyzaj mimarlığına ek olarak şehir-bölge planlama, mimarlık, çevre ekolojisi ve meteoroloji gibi farklı bilim alanları ile işbirliği sağlanmalıdır. Ayrıca, yerel ve kültürel peyzaj uygulamalarının KIA etkisini azaltmadaki rolleri analiz edilmelidir. Örneğin; kent merkezinin tarihi dokuyu içeren bölgesinde yer alan geleneksel konutların bahçeleri ve bu bahçelerde kullanılan yerel bitki türlerinin KIA etkisi azaltmada etkili bir araç olup olmadığı değerlendirilebilir. Literatürde kentsel alanlarda yer alan termofil bitki türlerinin yaşam alanlarının KIA etkisindeki alanlara kayabileceğine ve bu alanlarda baskın duruma gelebileceklerine dair öngörüler bulunmaktadır. Bu nedenle, Ordu kent merkezindeki KIA'ları ile kent içindeki ve kent çeperindeki açıklıklarda kendiliğinden yetişen ve birçoğu otsu karakterdeki bitki türlerinin dağılımı arasındaki ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir.

Araştırmanın bulguları; Ordu kent merkezi ölçeğinde KIA etkisindeki alanların oranının 2000 yılından günümüze kadar geçen sürede %13.9'dan %19.2'ye yükseldiğini göstermiştir. KIA etkisinin oluşumuna zemin hazırlayan yapılaşmış alanlar da kent merkezinin doğu ve güney yönlerinde gelişim göstererek aynı süreçte yaklaşık %65 artmıştır. Yapılaşmanın arttığı alanlarda bitki örtüsü oranlarının da aynı ölçüde azaldığı görülmüştür. Yeni yapılaşma alanlarında önemli AYS artışlarının meydana gelmesi yapılaşmanın KIA etkisinin artırıcı yöndeki etkisini ortaya koymaktadır. Ordu kent merkezindeki son 23 yıllık kentleşme ve yapılaşma trendine bakıldığında ilerleyen yıllarda KIA etkisindeki alanların genişlemeye devam edeceği öngörülebilmektedir. AYS'nin bitki örtüsü indeksleri ile güçlü negatif korelasyon gösterirken yapılı çevre indeksleri ile güçlü pozitif korelasyonda olması yapılaşmanın AYS'yi artırıcı etkisini açıklamaktadır. Yapılaşma alanlarında lokal ölçekte meydana gelen AYS artışları, araştırma alanının genel AYS ortalamasına da yansımıştır. 2000 ve 2023 yılları arasındaki 23 yıllık dönemde Ordu kent merkezi ve yakın çevresinin ortalama AYS değeri 2°C artmıştır. Yerel İklim Bölgeleri açısından elde edilen bulgular da yüksek AYS değerlerinin yoğun yapılaşma ve zayıf bitki örtüsü içeren alanlarda yoğunlaştığını göstermiştir. Araştırma alanındaki en yüksek AYS

ortalaması; yoğun bina dokusu, düşük geçirimli yüzeyler ve yüksek antropojenik ısı akışı ile karakterize edilen YİB-2 ve YİB-3'te kaydedilmiştir.

Araştırma alanında; KIA etkisinin en yoğun şekilde hissedildiği bölgeler olarak nitelendirilen Kentsel Sıcak Nokta oluşumunun görüldüğü başlıca yerler; endüstriyel alanlar, metal çatılar, yapay malzeme kullanılarak oluşturulan halı sahalar, bitki örtüsü oranının düşük olduğu alanlar ve konut bölgeleridir. Kent merkezinde yer alan organize sanayi bölgelerinde, yoğun olarak kullanılan metal çatılar ve bu bölgelerdeki üretim faaliyetlerinden açığa çıkan ilave ısı bu alanlarda KIA etkisini şiddetlendirmiştir. Yerleşim alanlarında beton ve asfalt gibi kentsel ısıyı hapsedildiği yüzeylerin çokça bulunması, konut ve işyerlerinin çatılarında düşük albedolu malzemelerin tercih edilmesi, yerleşim dokusu içinde kentsel yeşil alanlar ve parklar dışında bitki örtüsü oranının oldukça düşük olması KIA etkisinin bu alanlarda yoğunlaşması ile sonuçlanmıştır. Yapılan araştırmalar, binaların çatılarında ya da dış cephelerinde bitkilere yer verilmesinin kent içi sıcaklıkların düşürülmesine etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle; Ordu kent merkezinde, yeşil çatı ve yeşil duvar sistemlerinin yaygınlaştırılması, teşvik edilmesi ve mevcut binalara uygulanması sağlanmalıdır. Buna ek olarak; gerçekleştirilecek yeşil altyapı uygulamalarının KIA etkisinin azaltımına sağladıkları katkılar izlenmelidir.

Araştırmadaki ilgi çekici sonuçlardan bir diğeri, yapay çim kullanılarak oluşturulan halı sahalarda kentsel sıcak nokta oluşumunun gözlenmesidir. Bu tip alanlarda genellikle petrol bazlı malzemelerden elde edilen sentetik ve çim benzeri plastikler kullanılmaktadır. Yansıtma değeri oldukça düşük ve ısıyı tutma kapasitesi yüksek olan bu tip materyallerin kentsel alanlardaki varlığı, KIA etkisinin yoğun şekilde ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapay çim, kauçuk zemin, asfalt ve beton zemin gibi malzemeler kentsel ısıyı en yoğun biçimde tutulduğu ve açığa çıktığı yerler olduğundan; özellikle park, meydan ve yayalaştırılmış bölge gibi kamusal alanlarda bu tip materyallerin kullanımı sınırlandırılmalı, alternatif çözümler geliştirilmelidir. Kent merkezindeki tüm meydanlar, yollar, binalar ve diğer kentsel yüzeylerde yansıtma değeri yüksek olan malzemeler kullanılmalıdır. Binalarda, yüksek yansıtma değerine sahip çatı malzemelerinin kullanılması güneş ışığının daha fazla yansıtılması ve ısıyı daha az emilmesine katkı sağlayacağından KIA etkisinin azaltımında etkili bir araç olacaktır.

Ordu kent merkezinden çeperdeki kırsal alanlara doğru, AYS ortalaması azalma eğiliminde iken bitki örtüsü oranı artmaktadır. Araştırmadaki bu bulgu, KIA etkisine dair iki önemli bilgiyi vurgulamıştır. Birincisi; KIA etkisinin temel karakteristiği olarak ifade edilen “kentsel alanlarda çevrelerindeki kırsal alanlardan daha yüksek hava ve yüzey sıcaklıklarının görülmesi” olgusunu doğrulamaktadır. İkinci olarak da azalan bitki örtüsü oranının AYS değerleri üzerindeki artırıcı etkisini göstermektedir. Ordu kent merkezi ile kırsal alanlar arasındaki ortalama AYS farkı da zaman içinde önemli ölçüde artmıştır. Ortalama AYS değerleri arasındaki maksimum sıcaklık farkı, 2000 yılında 2.7°C iken 2013’te 5.9°C ve 2023’te 7.2°C olmuştur. KIA etkisi, kentsel-kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı olarak tanımlandığından, iki alan arasındaki yüzey sıcaklığı farkının yıllar içinde artması KIA etkisinin giderek daha belirgin duruma geldiğini göstermektedir. Gece ve gündüz AYS değerleri kentsel alanlarda görece yüksek seyrederken kırsal alanlarda daha düşük ve daha dengeli AYS seviyeleri görülmüştür. Bununla birlikte; araştırma alanında, gündüz ve gece yüzey sıcaklıkları arasındaki fark yıllar içinde azalmıştır. 2000 yılında gece-gündüz AYS farkı 11.5°C iken 2013 yılında gündüz-gece sıcaklık farkı 10.6°C’ye, 2023 yılında ise 8.5°C’ye gerilemiştir. Bu durumun nedeni; araştırmanın zamansal kapsamını oluşturan 23 yıllık süreçte, gece AYS ortalamasının gündüze göre daha çok artmasıdır. Gündüz AYS ortalaması yaklaşık %7 artarken, gece AYS ortalaması %33 artmıştır. Gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki farkın giderek azalması, KIA etkisinin geceleri de en az gündüz kadar hissedilebilir olacağına işaret etmektedir. Dolayısıyla KIA etkisinden kaynaklanan problemlerin geceleri de devam edeceği anlaşılmaktadır.

Kentsel yeşil alanların KIA etkisinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyum sağlanması noktasındaki önemli rolü bilinmektedir. Bu anlamda, KIA etkisinin zamansal ve mekânsal olarak arttığı bulgular ile ortaya konulan Ordu kent merkezindeki parkların serinletme performansları değerlendirilmiştir. Buna göre kent merkezindeki parkların çevreleri üzerinde çeşitli oranlarda serinletici etkisi bulunmaktadır. Dört mevsim ortalaması göz önüne alındığında, serinletme performansı en yüksek olan parkın, yüzey sıcaklıklarını çevresindeki 150 m mesafeye kadar ve en fazla 0.55°C düşürebildiği görülmüştür. Bununla birlikte; Ordu kent merkezindeki parkların serinletme performansı genel olarak benzer araştırmalara göre oldukça düşüktür. Ordu kent merkezindeki parkların büyüklüğü diğer örneklerle

karşılaştırıldığında son derece küçük kaldığından, park büyüklüğünün serinletme performansı üzerinde belirleyici ve önemli bir değişken olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim; çalışma alanı içinden seçilen ve alansal büyüklükleri daha fazla olan alternatif serinletme alanlarının, parklara göre daha yüksek bir serinletme performansı göstermesi bu durumu kanıtlar niteliktedir. Belirli bir alansal büyüklüğe ulaşılmadığından, parklara ilişkin diğer özellikler ile serinletme performansları arasında görülmesi beklenen çok sayıda ilişki kurulamamıştır. Bununla birlikte; serinletme etkisi metrikleri ile parklara ilişkin birtakım özellikler arasında anlamlı ilişkiler bulunmaktadır. Parklardaki ağaç yoğunluğu, ilkbahar mevsiminde sıcaklık düşüş genliği ve serinletme aralığı ile pozitif korelasyon göstermiştir. Bu sonuç, bir parktaki ağaç yoğunluğunun artması ile hem parkın serinletebildiği alanın genişleyeceğini hem de yüzey sıcaklıklarını daha fazla düşürebileceğine işaret etmektedir. Ordu kent merkezindeki parklardaki ağaç yoğunluğu benzer araştırmalardaki parklara göre oldukça düşüktür. Söz konusu durum parkların düşük serinletme performansı göstermesi ile ağaç yoğunluğunun yakından ilişkili olabileceğini ve parklardaki ağaç yoğunluğunun artırılması ile serinletme etkisinin artırılabilceğini göstermektedir. Kış mevsimi için sıcaklık düşüş genliği, parklardaki ağaç türü sayısı ve tür çeşitliliği ile pozitif yönlü bir ilişki göstermiştir. Söz konusu ilişki; parklarda daha fazla ağaç türünün kullanılması ve ağaç çeşitliliğinin artırılması yoluyla parkların serinletme performanslarının artırılabilceğini düşündürse de böyle bir çıkarım yapmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. Ordu kent merkezindeki parkların PŞİ ortalaması benzer araştırmalardaki parklardan daha düşüktür. Düşük PŞİ ortalaması parkların geometrik ve biçimsel karmaşıklığının da düşük olduğu anlamına gelmektedir. Parkların daha girintili-çıkıntılı bir sınıra sahip olmasının ve geometrik karmaşıklıklarının yüksek olmasının daha yüksek bir serinletme performansı sağladığını bildiren araştırmalar göz önüne alındığında; Ordu kent merkezindeki parkların görece daha az karmaşık ve biçimsel olarak kare ve dikdörtgen şeklinde yani kompakt yapıda olmalarının serinletme performanslarını olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Parkların ilkbahar mevsimindeki SDG değerleri ile PŞİ değerleri arasında pozitif ilişki bulunduğundan; Ordu kent merkezindeki parkların şekilsel karmaşıklığının artırılması ile sıcaklık düşüş genliğinin de artabileceği, böylece parkların serinletme performansına olumlu katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

KIA etkisinin azaltılması noktasındaki önemli rolü yapılan araştırmalar ile ortaya konulan park, kent ormanı ve yeşil koridorların Ordu kent merkezi ölçeğinde nitelik ve nicelik olarak arttırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Açık-yeşil alanlara ek olarak; kentte yaşayan insanların dış mekân rekreasyon aktivitelerini gerçekleştirdiği ve serbest zamanlarını geçirdiği diğer kamusal alanların da ağaçlandırılması ya da bu alanlarda gölgelik yapıların oluşturulması KIA etkisi ile mücadelede yardımcı olacaktır.

Doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen bu araştırma ile KIA etkisi farklı zamansal ve mekânsal düzlemlerde ele alınmıştır. Araştırmanın kapsamı, Ordu kenti ve yakın çevresi ile sınırlandırılmış olsa da elde edilen bulgular ve yapılan çıkarımlar küresel bilgi birikimine katkı sunmaktadır. Dünyanın ve ülkemizin farklı kentleri için KIA etkisinin çeşitli boyutlarda irdelendiği pek çok çalışma yapılmış olsa da kentleşmenin ve nüfus artışının hız kazandığı, yapılaşmanın günden güne arttığı Ordu kentinde bu tip çalışmalar sınırlıdır. Birçok çevresel, ekonomik ve sosyal sorunları beraberinde getiren KIA etkisinin Ordu kenti özelinde geniş bir perspektif ile ele alınması önemlidir. Yapılan bu çalışma ile Ordu kent merkezi ve yakın çevresinde KIA etkisinin zamansal ve mekânsal karakteri ortaya konulmuş, ısı adalarının azaltım stratejilerinin geliştirilmesi noktasına karar vericilere bir referans sağlanmıştır.

Sonuç olarak; KIA etkisi, kentlerde soğutma giderlerini artıran, kentteki olağan ekolojik döngüleri olumsuz etkileyen, hassas gruplar için önemli sağlık sorunlarına yol açabilen ve termal konforu önemli ölçüde düşüren bir olgudur. Kentleşme, kontrolsüz nüfus artışı ve yüzey karakteristiğindeki değişim KIA etkisindeki alanların genişlemesine neden olduğu gibi iklim değişikliğinin katkısı ile artan yüzey ve hava sıcaklıklarını da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda; Ordu kent merkezi özelinde, KIA etkisinin azaltılması ve yönetilebilmesi için, yukarıda sıralanan öneriler dikkate alınmalı, kentsel sıcak nokta olarak tanımlanan bölgelere öncelik verilerek ivedilikle azaltım uygulamalarına geçilmelidir. Kentsel yeşil-mavi altyapı sisteminin etkin şekilde kurgulanması ve planlama çalışmalarına iklim boyutunun dahil edilmesi, KIA etkisinin yaratacağı olumsuzlukları önlemede kritik öneme sahiptir.

6. KAYNAKLAR

- Abed, F. (2020). Spatiotemporal observations of CH₄ and CO₂ over Iraq using Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) data. *Journal of Applied and Advanced Research*, 5, 6-10.
- Agathangelidis, I., Cartalis, C. & Santamouris, M. (2019). Integrating urban form, function, and energy fluxes in a heat exposure indicator in view of intra-urban heat island assessment and climate change adaptation. *Climate*, 7(6), 75.
- Ahmad, N. & Hossain, D. (2015). Climate change and global warming discourses and disclosures in the corporate annual reports: a study on the Malaysian companies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172, 246-253.
- Akbari, H., Cartalis, C., Kolokotsa, D., Muscio, A., Pisello, AL., Rossi, F., Santamouris, M., Synnefa, A., Wong, NH. & Zinzi, M. (2015). Local climate change and urban heat island mitigation techniques-the state of the art. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(1), 1-16.
- Alexander, P. & Mills, G. (2014). Local climate classification and dublin's urban heat island. *Atmosphere*, 5(4), 755-774.
- Alghamdi, A., Alzhrani, A. & Alanazi, H. (2021). Local climate zones and thermal characteristics in Riyadh City, Saudi Arabia. *Remote Sensing*, 13(22), 4526.
- Al-Ramahi, FKM., Hasan, MH. & Zaeen, AA. (2022). Spatial analysis of relative humidity and its effect on Baghdad city for the years 2008, 2013 and 2018. *Iraqi Journal of Science*, 63(7), 3236-3250.
- Amler, E., Schmidt, M. & Menz, G. (2015). Definitions and mapping of East African wetlands: A review. *Remote Sensing*, 7(5), 5256-5282.
- Andrés-Anaya, P., Sánchez-Aparicio, M., del Pozo, S. & Lagüela, S. (2021). Correlation of land surface temperature with IR albedo for the analysis of urban heat island. *Engineering Proceedings*, 8(1), 9.
- Anyamba, A. & Tucker, C. J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. *Journal of Arid Environments*, 63(3), 596-614.
- Aram, F., Solgi, E., Higuera García, E., Mosavi, A. & Várkonyi-Kóczy, AR. (2019). The cooling effect of large-scale urban parks on surrounding area thermal comfort. *Energies*, 12(20), 3904.
- Arnfield, A. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23(1), 1-26.
- Artis DA. & Carnahan WH. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4), 313-329.
- Ban-Weiss, G., Woods, J. & Levinson, R. (2015). Using remote sensing to quantify albedo of roofs in seven california cities. *Solar Energy*, 115, 777-790.

- Barbieri, T., Despini, F. & Teggi, S. (2018). A multi-temporal analyses of land surface temperature using Landsat-8 data and open source software: The case study of Modena, Italy. *Sustainability*, 10(5), 1678.
- Barradas, V., Miranda, J., Esperón-Rodríguez, M. & Ballinas, M. (2022). (Re)designing urban parks to maximize urban heat island mitigation by natural means. *Forests*, 13(7), 1143.
- Basara, J., Basara, H., Illston, B. & Crawford, K. (2010). The impact of the urban heat island during an intense heat wave in Oklahoma city. *Advances in Meteorology*, 1, 1-10.
- Becker, F. & Li, ZL. (1990). Towards a local split window method over land surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 369-393.
- Bekkers, E., François, J. & Rojas-Romagosa, H. (2017). Melting ice caps and the economic impact of opening the Northern Sea route. *The Economic Journal*, 128(610), 1095-1127.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4), 365-377.
- Berdugo, M., Delgado-Baquerizo, M., Soliveres, S., Hernández-Clemente, R., Zhao, Y., Gaitán, J., ... & Maestre, F. (2020). Global ecosystem thresholds driven by aridity. *Science*, 367(6479), 787-790.
- Blachowski, J. & Hajnrych, M. (2021). Assessing the cooling effect of four urban parks of different sizes in a temperate continental climate zone: Wrocław (Poland). *Forests*, 12(8), 1136.
- Bouzekri, S., Lasbet, AA. & Lachehab, AA. (2015). New spectral index for extraction of built-up area using Landsat-8 data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43, 867-873.
- Bowler, DE., Buyung-Ali, L., Knight, TM. & Pullin, AS. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155.
- Bradford, JB., Schlaepfer, DR., Lauenroth, WK., Yackulic, CB., Duniway, M., Hall, S., Jia, G., Jamiyansharav, K., Munson, SM., Wilson, SD. & Tietjen, B. (2017). Future soil moisture and temperature extremes imply expanding suitability for rainfed agriculture in temperate drylands. *Scientific Reports*, 7(1), 12923.
- Bray, D. (2010). The scientific consensus of climate change revisited. *Environmental Science & Policy*, 13(5), 340-350.
- Buechley, RW., Van Bruggen, J. & Truppi, LE. (1972). Heat island equals death island? *Environmental Research*, 5(1), 85-92.
- Buyantuyev, A. & Wu, J. (2010). Urban heat islands and landscape heterogeneity: Linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology*, 25, 17-33.
- Cahill, AE., Aiello-Lammens, ME., Fisher-Reid, MC., Hua, X., Karanewsky, CJ., Yeong Ryu, H., ... & Wiens, JJ. (2013). How does climate change cause

- extinction? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1750), 20121890.
- Cai, D., Fraedrich, K., Guan, Y., Guo, S. & Zhang, C. (2017). Urbanization and the thermal environment of Chinese and US-American cities. *Science of the Total Environment*, 589, 200-211.
- Cai, M., Ren, C., Xu, Y., Lau, KKL. & Wang, R. (2018). Investigating the relationship between local climate zone and land surface temperature using an improved WUDAPT methodology-A case study of Yangtze River Delta, China. *Urban Climate*, 24, 485-502.
- Cai, X., Yang, J., Zhang, Y., Xiao, X. & Xia, JC. (2023). Cooling island effect in urban parks from the perspective of internal park landscape. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-12.
- Callaghan, A., McCombe, G., Harrold, A., McMeel, C., Mills, G., Moore-Cherry, N., ... & Cullen, WR. (2020). The impact of green spaces on mental health in urban settings: A scoping review. *Journal of Mental Health*, 30(2), 179-193.
- Canan, F. (2017). Kent geometrisine bağlı olarak kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesi: Konya örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 69-80.
- Cann, K., Thomas, D., Salmon, R., Wyn-Jones, A. & Kay, D. (2012). Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiology and Infection*, 141(4), 671-686.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J. & Imura, H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning*, 96(4), 224-231.
- Cao, VD. & Kic, P. (2019). Effect of shading with trees to improve local temperature conditions. In Engineering for Rural Development International Scientific Conference, 22-24 May, Latvia.
- Carlson, TN. & Ripley, DA. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252.
- Chang, A., Tan, A., Nadeau, K. & Odden, M. (2022). Aging hearts in a hotter, more turbulent world: The impacts of climate change on the cardiovascular health of older adults. *Current Cardiology Reports*, 24(6), 749-760.
- Chang, CR., Li, MH. & Chang, SD. (2007). A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning*, 80(4), 386-395.
- Chang, J., Ge, Y., Wu, Z., Du, Y., Pan, K., Yang, G., Ren, Y., Heino, MP., Mao, F., Cheong, KH., Qu, Z., Fan, X., Min, Y., Peng, C. & Meyerson, LA. (2021). Modern cities modelled as “super-cells” rather than multicellular organisms: Implications for industry, goods and services. *BioEssays*, 43(7), 2100041.
- Chapman, S., Thatcher, M., Salazar, A., Watson, J. & McAlpine, C. (2018). The effect of urban density and vegetation cover on the heat island of a subtropical city. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 57(11), 2531-2550.

- Chatterjee, RS., Singh, N., Thapa, S., Sharma, D. & Kumar, D. (2017). Retrieval of land surface temperature (LST) from Landsat TM6 and TIRS data by single channel radiative transfer algorithm using satellite and ground-based inputs, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 58, 264-277.
- Chen, A., Yao, XA., Sun, R. & Chen, L. (2014). Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 646-654.
- Chen, JM., Ju, W., Ciais, P., Viovy, N., Liu, R., Liu, Y. & Lu, X. (2019). Vegetation structural change since 1981 significantly enhanced the terrestrial carbon sink. *Nature Communications*, 10(1), 4259.
- Chen, T., Sun, A. & Niu, R. (2019). Effect of land cover fractions on changes in surface urban heat islands using Landsat time-series images. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 971.
- Chen, Y., Zheng, B. & Hu, Y. (2020). Numerical simulation of local climate zone cooling achieved through modification of trees, albedo and green roofs: A case study of Changsha, China. *Sustainability*, 12(7), 2752.
- Cheng, L., Guan, D., Zhou, L., Zhao, Z. & Zhou, J. (2019). Urban cooling island effect of main river on a landscape scale in Chongqing, China. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101501.
- Cheng, X., Wei, B., Chen, G., Li, J. & Song, C. (2015). Influence of park size and its surrounding urban landscape patterns on the park cooling effect. *Journal of Urban Planning and Development*, 141(3), A4014002.
- Chersich, M., Pham, M., Areal, A., Haghighi, M., Manyuchi, A., Swift, C., ... & Hajat, S. (2020). Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, m3811.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., Iraşoc, A., Paraschiv, MG., Perry, M. & Ghent, D. (2022). MODIS-based climatology of the surface urban heat island at country scale (Romania). *Urban Climate*, 41, 101056.
- Chiba, E., Ishida, Y., Wang, Z. & Mochida, A. (2022). Proposal of LCZ categories and standards considering super high-rise buildings suited for Asian cities based on the analysis of urban morphological properties of Tokyo. *Japan Architectural Review*, 5(3), 247-268.
- Chibuikwe, EM., Ibukun, AO., Abbas, A. & Kunda, JJ. (2018). Assessment of green parks cooling effect on Abuja urban microclimate using geospatial techniques. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 11, 11-21.
- Chraïbi, E., Arnold, H., Luque, S., Deacon, A., Magurran, A. & Féret, J. (2021). A remote sensing approach to understanding patterns of secondary succession in tropical forest. *Remote Sensing*, 13(11), 2148.
- Climate Change Knowledge Platform (2024). Climate Change Knowledge Platform for Development Practitioners and Policy Makers. What is Climate Change?

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview> (Erişim tarihi: 03.04.2024).

- Cohen, J., Fink, D. & Zuckerberg, B. (2020). Avian responses to extreme weather across functional traits and temporal scales. *Global Change Biology*, 26(8), 4240-4250.
- Cohen, P., Potchter, O. & Matzarakis, A. (2012). Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*, 51, 285-295.
- Coll, C., Caselles, V., Valor, E. & Niclòs, R. (2012). Comparison between different sources of atmospheric profiles for land surface temperature retrieval from single channel thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, 117, 199-210.
- Congalton, R., Gu, J., Yadav, K., Thenkabail, P. & Özdoğan, M. (2014). Global land cover mapping: A review and uncertainty analysis. *Remote Sensing*, 6(12), 12070-12093.
- Congedo, L. (2021). Semi-automatic classification plugin: A python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *The Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172.
- Conti, S., Meli, P., Minelli, G., Solimini, R., Toccaceli, V., Vichi, M., ... & Perini, L. (2005). Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, 98(3), 390-399.
- Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., ... & Skuce, A. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024024.
- Coppola, D., Laiolo, M., Cigolini, C., Massimetti, F., Delle Donne, D., Ripepe, M., ... & William, R. (2020). Thermal remote sensing for global volcano monitoring: experiences from the MIROVA system. *Frontiers in Earth Science*, 7, 362.
- Coppola, D., Laiolo, M., Massimetti, F., Hainzl, S., Shevchenko, AV., Mania, R., ... & Walter, TR. (2021). Thermal remote sensing reveals communication between volcanoes of the Klyuchevskoy Volcanic Group. *Scientific Reports*, 11(1), 13090.
- Cortés, J., Mahecha, M., Reichstein, M., Myneni, R., Chen, C. & Brenning, A. (2021). Where are global vegetation greening and browning trends significant? *Geophysical Research Letters*, 48(6), e2020GL091496.
- Couce, E., Ridgwell, A. & Hendy, E. (2013). Future habitat suitability for coral reef ecosystems under global warming and ocean acidification. *Global Change Biology*, 19(12), 3592-3606.
- Crippen, RE. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34(1), 71-73.
- Çiçek, İ. & Doğan, U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.

- Çolakkadioğlu, D. (2023). The effects of urbanization and vegetation cover on urban heat island: A case study in Osmaniye province. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(1), 120-131.
- Dang, T., Yue, P., Bachofer, F., Wang, M. & Zhang, M. (2020). Monitoring land surface temperature change with Landsat images during dry seasons in Bac Binh, Vietnam. *Remote Sensing*, 12(24), 4067.
- Daramola, M. & Balogun, I. (2019). Analysis of the urban surface thermal condition based on sky-view factor and vegetation cover. *Remote Sensing Applications Society and Environment*, 15, 100253.
- Davenport, AG., Grimmond, CSB., Oke, TR. & Wieringa, J. (2000). Estimating the roughness of cities and sheltered country. In Preprints, 12th Conf. on Applied Climatology, Asheville, NC, Amer. Meteor. Soc, 96-99.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M. & Liu, Y. (2018). Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, 30-42.
- Demir, P. & Yılmaz, G. (2020). Investigation of the atmospheric attenuation factors in FSO communication systems using the Taguchi method. *International Journal of Optics*, 2020, 1-8.
- Demuzere, M., Harshan, S., Järvi, L., Roth, M., Grimmond, S., Masson, V., ... & Wouters, H. (2017). Impact of urban canopy models and external parameters on the modelled urban energy balance in a tropical city. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 143(704), 1581-1596.
- Demuzere, M., Kittner, J., Martilli, A., Mills, G., Moede, C., Stewart, I. D., van Vliet, J. & Bechtel, B. (2023). Global map of Local Climate Zones (3.0.0). <https://zenodo.org/records/8419340> (Erişim tarihi: 21.05.2023).
- Deschenes, O. (2014). Temperature, human health, and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics*, 46, 606-619.
- Dian, C., Pongrácz, R., Dezso, Z. & Bartholy, J. (2020). Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest. *Urban Climate*, 31, 100573.
- Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, N. & Guneroglu, A. (2018). Evaluation of urban heat island effect in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(8), 1-20.
- Dilawar, A., Chen, B., Trisurat, Y., Tuankruea, V., Arshad, A., Hussain, Y., ... & Sun, S. (2021). Spatiotemporal shifts in thermal climate in responses to urban cover changes: a-case analysis of major cities in Punjab, Pakistan. *Geomatics Natural Hazards and Risk*, 12(1), 763-793.
- Dissanayake, DMSLB., Morimoto, T., Murayama, Y., Ranagalage, M. & Handayani, HH. (2018). Impact of urban surface characteristics and socio-economic variables on the spatial variation of land surface temperature in Lagos City, Nigeria. *Sustainability*, 11(1), 25.

- Dlamini, A. & Dube, M. (2014). Contribution of animal agriculture to greenhouse gases production in Swaziland. *American Journal of Climate Change*, 3(3), 253-260.
- Do, VQ., Phung, ML., Truong, DT., Pham, TTT., Dang, VT. & Nguyen, TK. (2021). The impact of extreme events and climate change on agricultural and fishery enterprises in Central Vietnam. *Sustainability*, 13(13), 7121.
- Drastig, K., Prochnow, A., Kraatz, S., Libra, J., Krauß, M., Döring, K., ... & Hunstock, U. (2012). Modeling the water demand on farms. *Advances in Geosciences*, 32, 9-13.
- Du, C., Ren, H., Qin, Q., Meng, J. & Zhao, S. (2015). A practical split-window algorithm for estimating land surface temperature from Landsat 8 data. *Remote Sensing*, 7(1), 647-665.
- Du, H., Song, X., Jiang, H., Kan, Z., Wang, Z. & Cai, Y. (2016). Research on the cooling island effects of water body: A case study of Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 67, 31-38.
- Du, H., Cai, W., Xu, Y., Wang, Z., Wang, Y. & Cai, Y. (2017). Quantifying the cool island effects of urban green spaces using remote sensing data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 24-31.
- Duan, SB. & Li, ZL. (2016). Spatial downscaling of MODIS land surface temperatures using geographically weighted regression: Case study in northern China. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(11), 6458-6469.
- Dursun, D. & Yavaş, M. (2017). Soğuk iklim duyarlı kentsel tasarım yaklaşımları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(2), 269-278.
- Dutta, K., Basu, D. & Agrawal, S. (2021). Synergetic interaction between spatial land cover dynamics and expanding urban heat islands. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-22.
- Edmondson, JL., Stott, I., Davies, ZG., Gaston, KJ. & Leake, JR. (2016). Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. *Scientific Reports*, 6(1), 33708.
- Ellefsen, R. (1991). Mapping and measuring buildings in the canopy boundary layer in ten US cities. *Energy and Buildings*, 16(3-4), 1025-1049.
- English, P., Sinclair, A., Ross, Z., Anderson, H., Boothe, V., Davis, C., ... & Simms, E. (2009). Environmental health indicators of climate change for the United States: Findings from the state environmental health indicator collaborative. *Environmental Health Perspectives*, 117(11), 1673-1681.
- Environmental Protection Agency (2024). Learn About Heat Islands. <https://www.epa.gov/heatislands/learn-about-heat-islands> (Erişim tarihi: 01.05.2024).
- Erdem, U., Cubukcu, KM. & Sharifi, A. (2021). An analysis of urban form factors driving urban heat island: The case of İzmir. *Environment, Development and Sustainability*, 23(5), 7835-7859.

- ESOTC (2024). From widespread floods to severe heatwaves, ESOTC 2023 puts Europe's climate in focus. <https://climate.copernicus.eu/widespread-floods-severe-heatwaves-esotc-2023-puts-europes-climate-focus> (Erişim tarihi: 24.03.2024).
- European Environment Agency (2012). Urban Adaptation to Climate Change in Europe Challenges and Opportunities for Cities Together with Supportive National and European Policies. <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change> (Erişim tarihi: 06.02.2022).
- Feng, X., Yu, J., Xin, C., Ye, T., Wang, T.A., Chen, H., ... & Zhang, L. (2023). Quantifying and comparing the cooling effects of three different morphologies of urban parks in Chengdu. *Land*, 12(2), 451.
- Ferrara, C., Lega, M., Fusco, G., Bishop, P. & Endreny, T. (2017). Characterization of terrestrial discharges into coastal waters with thermal imagery from a hierarchical monitoring program. *Water*, 9(7), 500.
- Feyisa, G. L., Dons, K. & Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and Urban Planning*, 123, 87-95.
- Firtescu, B., Brinza, F., Grosu, M., Doaca, E. & Siriteanu, A. (2023). The effects of energy taxes level on greenhouse gas emissions in the environmental policy measures framework. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1-15.
- Forman, R.T.T. (1995). Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Freund, E., Abbaspour, K. & Lehmann, A. (2017). Water resources of the Black Sea catchment under future climate and land use change projections. *Water*, 9(8), 598.
- Gacheno, D. & Amare, G. (2021). Review of impact of climate change on ecosystem services-a review. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5(3), 363-369.
- Gaffin, S., Imhoff, M., Rosenzweig, C., Khanbilvardi, R., Pasqualini, A., Kong, A., ... & Hartung, E. (2012). Bright is the new black-multi-year performance of high-albedo roofs in an urban climate. *Environmental Research Letters*, 7(1), 014029.
- Gage, E.A. & Cooper, D.J. (2017). Urban forest structure and land cover composition effects on land surface temperature in a semi-arid suburban area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 28, 28-35.
- Gao, L., Hong, D., Yao, J., Zhang, B., Gamba, P. & Chanussot, J. (2021). Spectral superresolution of multispectral imagery with joint sparse and low-rank learning. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(3), 2269-2280.
- García, D.H. & Díaz, J.A. (2023). Space-time analysis of the earth's surface temperature, surface urban heat island and urban hotspot: Relationships with

- variation of the thermal field in Andalusia (Spain). *Urban Ecosystems*, 26(2), 525-546.
- Gartland, L.M. (2010). Heat islands: Understanding and mitigating heat in urban areas. Routledge, London, UK.
- Gautam, A. & Mehta, N. (2015). A review on remote sensing technique: Concept and principles. *International Journal for Research in Emerging Science and Technology*, 2(5), 1-6.
- Geletič, J., Lehnert, M. & Dobrovolný, P. (2016). Land surface temperature differences within local climate zones, based on two central European cities. *Remote Sensing*, 8(10), 788.
- George, D. & Mallery, M. (2010). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. Pearson, Boston, USA.
- Girardet, H. (2020). People and nature in an urban world. *One Earth*, 2(2), 135-137.
- Giridharan, R. & Kolokotroni, M. (2009). Urban heat island characteristics in London during winter. *Solar Energy*, 83(9), 1668-1682.
- Gomes, A., Bernardo, N. & Alcântara, E. (2017). Accessing the Southeastern Brazil 2014 drought severity on the vegetation health by satellite image. *Natural Hazards*, 89(3), 1401-1420.
- Grigoras, G. & Uritescu, B. (2019). Land use/land cover changes dynamics and their effects on surface urban heat island in Bucharest, Romania. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 80, 115-126.
- Grilo, F., Pinho, P., Aleixo, C., Catita, C., Silva, P., Lopes, N., ... & Branquinho, C. (2020). Using green to cool the grey: Modelling the cooling effect of green spaces with a high spatial resolution. *Science of the Total Environment*, 724, 138182.
- Grimm, N., Chapin, F., Bierwagen, B., González, P., Groffman, P., Luo, Y., ... & Williamson, C. (2013). The impacts of climate change on ecosystem structure and function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(9), 474-482.
- Guha, S., Govil, H. & Mukherjee, S. (2017). Dynamic analysis and ecological evaluation of urban heat islands in Raipur city, India. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 036020-036020.
- Guha, S., Govil, H., Dey, A. & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667-678.
- Gul, M. & Chaudhry, H. (2022). Energy efficiency, low carbon resources and renewable technology. *Energies*, 15(13), 4553.
- Guo, L., Di, L., Zhang, C., Lin, L., Chen, F. & Molla, A. (2022). Evaluating contributions of urbanization and global climate change to urban land surface temperature change: a case study in Lagos, Nigeria. *Scientific Reports*, 12(1), 14168.

- Gupta, S., Ram, J. & Singh, H. (2018). Comparative study of transpiration in cooling effect of tree species in the atmosphere. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 6(8), 151-166.
- Gülten, A. & Aksoy, UT. (2010). Gökyüzü görüş faktörü ve bina yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak cadde geometrisi-güneş ışıınımı ilişkisi. *Firat University Journal of Engineering Science*, 22(2), 157-170.
- Güneş, C., Pekkan, E. & Tün, M. (2021). Eskişehir kent merkezinde yer alan üniversite kampüslerindeki kentsel ısı adası etkilerinin Landsat-8 uydu görüntüleri üzerinden araştırılması. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 22-32.
- Güzel, M. & Ulus, A. (2021). Ordu kent merkezi kamusal yeşil alanlarındaki odunsu bitkilerin su tüketimlerine ve ekolojik tolerans kriterlerine göre değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 165-174.
- Haazele, F. & Chishala, B. (2012). Climate change: Are we doing enough to avert a crisis? *University of Zambia Journal of Agricultural and Biomedical Sciences*, 1(1), 5-6.
- Habeeb, N. & Weli, S. (2021). Combination of GIS with different technologies for water quality: An overview. *Hightech and Innovation Journal*, 2(3), 262-272.
- Hair, JF., Black, WC., Babin, BJ., Anderson, RE. & Tatham, RL. (2013). Multivariate Data Analysis. Pearson Education Limited, Boston, USA.
- Hamada, S. & Ohta, T. (2010). Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(1), 15-24.
- Han, G. & Cai, Z. (2016). Impact of mountain urban park form on cooling effect. *Journal of Human Settlements in West China*, 31, 61-68.
- Hardin, PJ. & Jensen, RR. (2007). The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: A Terre Haute case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6(2), 63-72.
- Hasanthika, W., Edirisinghe, J. & Rajapakshe, R. (2014). Climate variability, risk and paddy production. *Journal of Environmental Professionals Sri Lanka*, 2(2), 57.
- Hassid, S., Santamouris, M., Papanikolaou, N., Linardi, A., Klitsikas, N., Georgakis, C. & Assimakopoulos, DN. (2000). The effect of the Athens heat island on air conditioning load. *Energy and Buildings*, 32 (2), 131-141.
- He, C., Shi, P., Xie, D. & Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, 1, 213-221.
- He, F., Liu, L., Huang, Y., Bedra, K. & Zhang, M. (2023). Investigating the spatial heterogeneity of urban heat island responses to climate change based on local climate zones. *Sustainability*, 15(7), 6298.
- He, W., Cao, S., Du, M., Hu, D., Mo, Y., Liu, Y., ... & Cao, Y. (2021). How do two- and three-dimensional urban structures impact seasonal land surface temperatures at various spatial scales? a case study for the northern part of brooklyn, new york, USA. *Remote Sensing*, 13(16), 3283.

- He, X., Miao, S., Shen, S., Li, J., Zhang, B., Zhang, Z. & Chen, X. (2015). Influence of sky view factor on outdoor thermal environment and physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 59, 285-297.
- Hedlund, J., Carlsen, H., Croft, S., West, C., Bodin, Ö., Stokeld, E., ... & Müller, C. (2022). Impacts of climate change on global food trade networks. *Environmental Research Letters*, 17(12), 124040.
- Hefele, P. (2020). Climate change: Challenges for public health systems. *Public Health Forum*, 28(1), 6-9.
- Heisler, GM. & Brazel, AJ. (2010). The urban physical environment: Temperature and urban heat islands. *Urban Ecosystem Ecology*, 55, 29-56.
- Helldén, D., Ndejjo, R., Sturm, A., Persson, I., Wanyenze, R., Ebi, K., ... & Alfvén, T. (2023). Climate change adaptation across the life-course - from pregnancy to adolescence-it's time to advance the field of climate change and child health. *Environmental Research Health*, 1(2), 023001.
- Hirsch, A., Wilhelm, M., Davin, E., Thiery, W. & Seneviratne, S. (2017). Can climate-effective land management reduce regional warming? *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 122(4), 2269-2288.
- Hou, H. & Estoque, RC. (2020). Detecting cooling effect of landscape from composition and configuration: An urban heat island study on Hangzhou. *Urban Forestry & Urban Greening*, 53, 126719.7
- Howard, L. (1818). *The Climate of London*. W. Phillips, London, UK.
- Hu, J., Yang, Y., Pan, X., Zhu, Q., Zhan, W., Wang, Y. & Su, W. (2019). Analysis of the spatial and temporal variations of land surface temperature based on local climate zones: A case study in Nanjing, China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(11), 4213-4223.
- Hu, K., He, J., Danierhan, S. & Tuerxun, Y. (2023). Sensitivity of river ecological baseflow to climate change in arid areas. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1080810.
- Hu, T., Renzullo, L. J., van Dijk, A. I., He, J., Tian, S., Xu, Z., ... & Liu, Q. (2020). Monitoring agricultural drought in Australia using MTSAT-2 land surface temperature retrievals. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111419.
- Huang, X., Huang, J., Wen, D. & Li, J. (2021). An updated MODIS global urban extent product (MGUP) from 2001 to 2018 based on an automated mapping approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102255.
- Huang, X., Liu, A. & Li, J. (2021). Mapping and analyzing the local climate zones in China's 32 major cities using Landsat imagery based on a novel convolutional neural network. *Geo-spatial Information Science*, 24(4), 528-557.
- Huete, AR. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.

- Imhoff, M., Zhang, P., Wolfe, R. & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 504-513.
- Imran, H., Hossain, A., Islam, A., Rahman, A., Bhuiyan, A., Paul, S., ... & Alam, A. (2021). Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in dhaka city of bangladesh. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 667-693.
- Irmak, MA., Yilmaz, S., Mutlu, E. & Yilmaz, H. (2018). Assessment of the effects of different tree species on urban microclimate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 15802-15822.
- Isa, N., Kasmin, H., Yahya, N., Rahim, M. & Ghazaly, Z. (2020). Green roof performance under Malaysia tropical climates: A review. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 18(2), 614.
- Jaganmohan, M., Knapp, S., Buchmann, CM. & Schwarz, N. (2016). The bigger, the better? The influence of urban green space design on cooling effects for residential areas. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 134-145.
- Jegasothy, E., Randall, D., Ford, J., Nippita, T. & Morgan, G. (2021). Maternal factors and risk of spontaneous preterm birth due to high ambient temperatures in New South Wales, Australia. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 36(1), 4-12.
- Jiang, Z., Huete, AR., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G. & Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 101(3), 366-378.
- Jieli, C., Manchun, L., Yongxue, S. & Chenglei, H. (2010). Extract residential areas automatically by new built-up index. 18. International Conference on Geoinformatics, 18-20 June, Beijing, China.
- Jin, L., Schubert, S., Salim, M. & Schneider, C. (2020). Impact of air conditioning systems on the outdoor thermal environment during summer in Berlin, Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4645.
- Jung, M. (2016). LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Ecological Informatics*, 31, 18-21.
- Kalnay, E. & Cai, M., 2003. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423 (6939), 528-531.
- Kaloustian, N. & Diab, Y. (2015). Effects of urbanization on the urban heat island in Beirut. *Urban Climate*, 14, 154-165.
- Karaca, M., Anteplioglu, Ü. & Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey. *Il Nuovo Cimento C*, 18(1), 49-55.
- Karamanev, D. (2022). The effect of anthropogenic heat emissions on global warming. *EGUsphere*, 2022, 1-18.
- Karimi, V., Karami, E. & Keshavarz, M. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 1-15.

- Karunaratne, S., Athukorala, D., Murayama, Y. & Morimoto, T. (2022). Assessing surface urban heat island related to land use/land cover composition and pattern in the temperate mountain Valley City of Kathmandu, Nepal. *Remote Sensing*, 14(16), 4047.
- Kawamura, M., Jayamana, S., Tsujiko, Y. (1996). Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data. *Remote Sensing*, 31, 321-326.
- Kemarau, RA. & Eboy, OV. (2020). Analyses water bodies effect in mitigation of urban heat effect: Case study small size cities Kuching, Sarawak. *Earth and Environmental Science*, 540(1), 012010.
- Khan, N., Shahid, S., Chung, E., Kim, S. & Ali, R. (2019). Influence of surface water bodies on the land surface temperature of Bangladesh. *Sustainability*, 11(23), 6754.
- Khanal, S., Kc, K., Fulton, J., Shearer, S. & Ozkan, E. (2020). Remote sensing in agriculture-accomplishments, limitations, and opportunities. *Remote Sensing*, 12(22), 3783.
- Kim, M., Kim, D. & Kim, G. (2022). Examining the relationship between land use/land cover (LULC) and land surface temperature (LST) using explainable artificial intelligence (XAI) models: A case study of Seoul, South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 15926.
- Kim, SW. & Brown, RD. (2021). Urban heat island (UHI) variations within a city boundary: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111256.
- Kim, Y., Yu, S., Li, D., Gatson, SN. & Brown, RD. (2022). Linking landscape spatial heterogeneity to urban heat island and outdoor human thermal comfort in Tokyo: Application of the outdoor thermal comfort index. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104262.
- Kimura, F. & Takahashi, S. (1991). The effects of land-use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan area: A numerical experiment. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 25(2), 155-164.
- Kinyanjui, MJ. (2011). NDVI-based vegetation monitoring in Mau forest complex, Kenya. *African Journal of Ecology*, 49(2), 165-174.
- Kleerekoper, L., van Esch, M. & Salcedo, TB. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resource Conservation Recycling*, 64, 30-38.
- Klein, I., Oppelt, N. & Kuenzer, C. (2021). Application of remote sensing data for locust research and management-a review. *Insects*, 12(3), 233.
- Klemm, W., Heusinkveld, BG., Lenzholzer, S., Jacobs, MH. & Van Hove, B. (2015). Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment*, 83, 120-128.

- Knapp, J., Laur, G., Vadas, P., Weiss, W. & Tricárico, J. (2014). Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231-3261.
- Koç, A., Caf, A., Koç, C. & Kejanli, DT. (2022). Examining the temporal and spatial distribution of potential urban heat island formations. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(8), 11455-11468.
- Kollarath, R. & Sheriff, V. (2022). Green infrastructure strategies as countermeasures to urban heat islands with particular reference to the bangalore metropolitan area. 5. International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands, 2-4 December, Hyderabad, India.
- Kolokotroni, M. & Giridharan, R. (2008). Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. *Solar Energy*, 82(11), 986-998.
- Kolokotroni, M., Ren, X., Davies, M. & Mavrogianni, A. (2012). London's urban heat island: Impact on current and future energy consumption in office buildings. *Energy and Buildings*, 47, 302-311.
- Konarska, J., Uddling, J., Holmer, B., Lutz, M., Lindberg, F., Pleijel, H., ... & Thorsson, S. (2015). Transpiration of urban trees and its cooling effect in a high latitude city. *International Journal of Biometeorology*, 60(1), 159-172.
- Kuang, W., Liu, Y., Dou, Y., Chi, W., Chen, G., Cheng-feng, G., ... & Zhang, R. (2014). What are hot and what are not in an urban landscape: Quantifying and explaining the land surface temperature pattern in Beijing, China. *Landscape Ecology*, 30(2), 357-373.
- Kuehn, L. & McCormick, S. (2017). Heat exposure and maternal health in the face of climate change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 853.
- Kumari, B., Tayyab, M., Mallick, J., Khan, MF. & Rahman, A. (2018). Satellite-driven land surface temperature (LST) using Landsat 5, 7 (TM/ETM+ SLC) and Landsat 8 (OLI/TIRS) data and its association with built-up and green cover over urban Delhi, India. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 1(3), 63-78.
- Kussul, N., Shumilo, L., & Garanis, L. (2021, July). Relationships between land degradation and climate change vulnerability of agricultural water resources. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 11-16, Brussels, Belgium.
- Küçükali, UF. (2021). Kent ekolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 245s.
- Laaïdi, K., Zeghnoun, A., Dousset, B., Bretin, P., Vandentorren, S., Giraudet, E., ... & Beaudeau, P. (2012). The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 254-259.

- Lalosevic, D., Komatina, M., Milos, V. & Rudonja, N. (2018). Green roofs and cool materials as retrofitting strategies for urban heat island mitigation: Case study in Belgrade, Serbia. *Thermal Science*, 22(6 Part A), 2309-2324.
- Latif, MS. (2014). Land surface temperature retrieval of Landsat-8 data using split window algorithm-a case study of Ranchi District. *International Journal of Engineering Development and Research*, 2(4), 2840-3849.
- Laverdière, É., Gagnéux, M., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B. & Payette, H. (2015). Prevalence of risk and protective factors associated with heat-related outcomes in Southern Quebec: A secondary analysis of the NuAge study. *Canadian Journal of Public Health*, 106, 315-321.
- Lechner, A., Foody, G. & Boyd, D. (2020). Applications in remote sensing to forest ecology and management. *One Earth*, 2(5), 405-412.
- Lee, H., Mayer, H. & Chen, L. (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, 148, 37-50.
- Lee, J., Kim, J. & Lee, M. (2013). Mitigation of urban heat island effect and greenroofs. *Indoor and Built Environment*, 23(1), 62-69.
- Lee, K. & Levermore, G. J. (2019). Sky view factor and sunshine factor of urban geometry for urban heat island and renewable energy. *Architectural Science Review*, 62(1), 26-34.
- Levermore, G. & Parkinson, J. (2019). The urban heat island of London, an empirical model. *Building Services Engineering Research and Technology*, 40 (3), 290-295.
- Levermore, G., Parkinson, J., Leeb, K., Laycock, P. & Lindley, S. (2018). The increasing trend of the urban heat island intensity. *Urban Climate*, 24, 360-368.
- Li, H., Meier, F., Lee, X., Chakraborty, T., Liu, J., Schaap, M. & Sodoudi, S. (2018). Interaction between urban heat island and urban pollution island during summer in Berlin. *Science of the Total Environment*, 636, 818-828.
- Li, H., Wang, G., Tian, G. & Jombach, S. (2020). Mapping and analyzing the park cooling effect on urban heat island in an expanding city: A case study in Zhengzhou City, China. *Land*, 9(2), 57.
- Li, M., Song, Y., Huang, X., Li, J., Mao, Y., Zhu, T., ... & Liu, B. (2014). Improving mesoscale modeling using satellite-derived land surface parameters in the Pearl River Delta region, China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(11), 6325-6346.
- Li, S. (2023). Quantifying urban three-dimensional building form effects on land surface temperature: a case study of Beijing, China. *Journal of Applied Remote Sensing*, 17(04).
- Li, X., Zhou, Y., Yu, S., Jia, G., Li, H. & Li, W. (2019). Urban heat island impacts on building energy consumption: A review of approaches and findings. *Energy*, 174, 407-419.

- Liang, XZ., Wu, Y., Chambers, RG., Schmoldt, DL., Gao, W., Liu, C., ... & Kennedy, JA. (2017). Determining climate effects on US total agricultural productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(12), 2285-2292.
- Liao, W., Li, X., Wang, D. & Sheng, Y. (2017). The impact of energy consumption on the surface urban heat island in China's 32 major cities. *Remote Sensing*, 9(3), 250.
- Lillesand, TM., Kiefer, RW. & Chipman, JW. (2018). Uzaktan algılama ve görüntü yorumlama, (Çev: ML. Süzen, BT. San ve D. Ünlüsoy), Palme Yayınevi.
- Lin, TP., Tsai, KT., Hwang, RL. & Matzarakis, A. (2012). Quantification of the effect of thermal indices and sky view factor on park attendance. *Landscape and Urban Planning*, 107(2), 137-146.
- Lin, W., Yu, T., Chang, X., Wu, W. & Zhang, Y. (2015). Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. *Landscape and Urban Planning*, 134, 66-75.
- Liu, L. & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and Aster data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.
- Liu, T., Ouyang, S., Gou, M., Tang, H., Liu, Y., Chen, L., ... & Xiang, W. (2023). Detecting the tipping point between heat source and sink landscapes to mitigate urban heat island effects. *Urban Ecosystems*, 26(1), 89-100.
- Liu, W., Chen, S., Mu, Q., Ye, T. & Shi, P. (2022). Mapping Global Risk of Crop Yield Under Climate Change. In *Atlas of Global Change Risk of Population and Economic Systems* (pp. 211-256). Singapore, Springer Nature.
- Liu, W., Ji, C., Zhong, J., Jiang, X. & Zheng, Z. (2007). Temporal characteristics of the Beijing urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology*, 87(1), 213-221.
- Liu, Z. (2023). Analysis of the impact of land use change on surface temperature in Shandong Province from the perspective of urban-rural construction differences. 2. International Conference on Geographic Information and Remote Sensing Technology, July 21-23, Qingdao, China.
- Lotsch, A., Friedl, MA. & Pinzón, J. (2003). Spatio-temporal deconvolution of NDVI image sequences using independent component analysis. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(12), 2938-2942.
- Lu, J., Li, CD., Yang, YC., Zhang, XH. & Jin, M. (2012). Quantitative evaluation of urban park cool island factors in mountain city. *Journal of Central South University*, 19(6), 1657-1662.
- Lu, Y., Yue, W. & Huang, Y. (2021). Effects of land use on land surface temperature: A case study of Wuhan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 9987.
- Maclean, IM. & Wilson, RJ. (2011). Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(30), 12337-12342.

- Mahmoud, H. & Ghanem, H. (2019). Urban geometry mitigation guidelines to improve outdoor thermal performance in Egyptian hot arid new cities. *Journal of Engineering Sciences*, 47(2), 172-193.
- Maiolo, M., Carini, M., Capano, G., Nigro, G. & Piro, P. (2018). Life cycle assessment of a bitumen anti-root barrier on a green roof in the Mediterranean area. *International Journal of Petrochemistry and Research*, 1(2), 92-95.
- Mandal, G. & Subbaiyan, G. (2023). Spatial patterns of anthropogenic heat and urban density of an Indian metropolitan city. *Environment and Urbanization Asia*, 14(1), 55-71.
- Manni, M., Di Giuseppe, A., Petrozzi, A., Nicolini, A., Rossi, F. & Cotana, F. (2020). High-reflective Mulching Membrane for a Sustainable Development: Monitoring Campaign. In E3S Web of Conferences (Vol. 197, p. 08012). EDP Sciences.
- Martiello, MA. & Giacchi, MV. (2010). High temperatures and health outcomes: A review of the literature. *Scandinavian Journal of Public Health*, 38(8), 826-837.
- Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J. & Voogt, J. (2020). Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 411-444.
- Matzarakis, A. & Matuschek, O. (2011). Sky view factor as a parameter in applied climatology-rapid estimation by the SkyHelios model. *Meteorologische Zeitschrift*, 20(1), 39.
- Matzarakis, A. & Rutz, F. (2005). Application of RayMan for tourism and climate investigations. *Annalen der Meteorologie*, 41(2), 631-636.
- McCarthy, JJ. (2009). Reflections on: Our planet and its life, origins, and futures. *Science*, 326, 1646-1655.
- McGeehin, MA. & Mirabelli, M. (2001). The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 109(2), 185-189.
- Menteş, Y., Yilmaz, S. & Qaid, A. (2024). The cooling effect of different scales of urban parks on land surface temperatures in cold regions. *Energy and Buildings*, 308, 113954.
- Meriläinen, E., Kelman, I., Peters, L. & Shannon, G. (2021). Puppeteering as a metaphor for unpacking power in participatory action research on climate change and health. *Climate and Development*, 14(5), 419-430.
- Miao, C., Yu, S., Hu, Y., Zhang, H., He, X. & Chen, W. (2020). Review of methods used to estimate the sky view factor in urban street canyons. *Building and Environment*, 168, 106497.
- Middel, A., Lukaczyk, J., Maciejewski, R., Demuzere, M. & Roth, M. (2018). Sky view factor footprints for urban climate modeling. *Urban Climate*, 25, 120-134.
- Misra, A. (2014). Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 153-165.

- Mohammad, P., Goswami, A. & Bonafoni, S. (2019). The impact of the land cover dynamics on surface urban heat island variations in semi-arid cities: A case study in Ahmedabad city, India, using multi-sensor/source data. *Sensors*, 19(17), 3701.
- Mononen, K. & Pitkänen, S. (2016). Sustainable fuelwood management in West Africa. University of Eastern Finland: Joensuu/Kuopio, Finland.
- Monroy-Gamboa, A., Cab-Sulub, L. & Álvarez-Castañeda, S. (2022). Extinction of endemic taxa as a direct consequence of global climate change. *Therya*, 13(1), 79-84.
- Morales-Solís, K., Ahumada, H., Rojas, J., Urdanivia, F., Catalán, F., Claramunt, T., ... & Leiva-Guzmán, M. (2021). The effect of Covid-19 lockdowns on the air pollution of urban areas of Central and Southern Chile. *Aerosol and Air Quality Research*, 21(8), 200677.
- Moss, T. & Kar, B. (2020). Socio-economic vulnerability to urban heat in Phoenix, Arizona and Dallas, Texas during June 2020. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 6, 59-66.
- Murage, P., Hajat, S. & Kovats, S. (2017). Effect of night-time temperatures on cause and age-specific mortality in London. *Environmental Epidemiology*, 1(2), e005.
- Mussetti, G., Davin, EL., Schwaab, J., Acero, JA., Ivanchev, J., Singh, VK., ... & Seneviratne, SI. (2022). Do electric vehicles mitigate urban heat? The case of a tropical city. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 810342.
- Nabong, E., Whiteford, L., Arias, M. & Mihelcic, J. (2021). Climate change adaptation priority strategies in the philippines: Differences between local government decision makers and marginalized coastal communities. *Environmental Engineering Science*, 38(5), 367-376.
- NASA (2024). Landsat 8. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-data-continuity-mission> (Erişim tarihi: 16.02.2024).
- Nath, B., Ni-Meister, W. & Özdoğan, M. (2021). Fine-scale urban heat patterns in new york city measured by ASTER satellite-the role of complex spatial structures. *Remote Sensing*, 13(19), 3797.
- Nazir, G., Rehman, A., Hussain, S., Aftab, S., Heo, K., Ikram, M., ... & Aizaz Ud Din, M. (2022). Recent advances and reliable assessment of solid-state materials for hydrogen storage: A step forward toward a sustainable H₂ economy. *Advanced Sustainable Systems*, 6(11), 2200276.
- Nidumolu, U., Gobbett, D., Hayman, P., Howden, M., Dixon, J. & Vrieling, A. (2022). Climate change shifts agropastoral-pastoral margins in africa putting food security and livelihoods at risk. *Environmental Research Letters*, 17(9), 095003.
- Nikolakopoulos, KG., Kyriou, A., Sokos, E., Bousias, S., Strepelias, E., Groumpos, P., ... & Athanasopoulos, T. (2022, October). Multiparametric microsensor monitoring platform of the Enceladus Hellenic supersite: The PROION project.

In Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XIII (Vol. 12268, pp. 133-144). SPIE.

- Nilsson, M., Evengård, B., Sauerborn, R. & Byass, P. (2012). Connecting the global climate change and public health agendas. *PLoS Medicine*, 9(6), e1001227.
- Nkiaka, E. & Lovett, J. (2018). Mainstreaming climate adaptation into sectoral policies in Central Africa: Insights from Cameroun. *Environmental Science & Policy*, 89, 49-58.
- Nouri, AS., Costa, JP. & Matzarakis, A. (2017). Examining default urban-aspect-ratios and sky-view-factors to identify priorities for thermal-sensitive public space design in hot-summer Mediterranean climates: The Lisbon case. *Building and Environment*, 126, 442-456.
- Nouri, H., Anderson, S., Sutton, P., Beecham, S., Nagler, P., Jarchow, CJ., Roberts, DA. (2017). NDVI, scale invariance and the modifiable areal unit problem: An assessment of vegetation in the Adelaide Parklands. *Science of the Total Environment*, 584, 11-18.
- Nugraha, ASA., Gunawan, T. & Kamal, M. (2019). Comparison of land surface temperature derived from Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS for drought monitoring. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 313, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- Nwaerema, P., Vincent, ON., Amadou, C. & Morrison, A. (2019). Spatial assessment of land surface temperature and emissivity in the tropical littoral city of Port Harcourt, Nigeria. *International Journal of Environment and Climate Change*, 9(2), 88-103.
- O'loughlin, J., Witmer, FD., Linke, AM., Laing, A., Gettelman, A. & Dudhia, J. (2012). Climate variability and conflict risk in East Africa, 1990-2009. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(45), 18344-18349.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., Dunnett, N., ... & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *Bioscience*, 57(10), 823-833.
- Odli, ZSM., Zakarya, IA., Mohd, FN., Izhar, TNT., Ibrahim, NM. & Mohamad, N. (2016). Green roof technology-mitigate urban heat island (UHI) effect. In MATEC Web of Conferences (Vol. 78, p. 01100). EDP Sciences.
- Oke, TR. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Okumus, DE. & Terzi, F. (2021). Evaluating the role of urban fabric on surface urban heat island: The case of Istanbul. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103128.
- Oleson, K., Bonan, G., Feddema, J. & Jackson, T. (2011). An examination of urban heat island characteristics in a global climate model. *International Journal of Climatology*, 31(12), 1848-1865.
- Oliveira, L., Oliveira, D., Bezerra, B., Pereira, B. & Battistelle, R. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 155, 229-237.

- Oliveira, S., Andrade, H. & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186-2194.
- Onyango, D., Ikporukpo, C., Taiwo, J., Opiyo, S. & Otieno, K. (2021). Comparative analysis of land use/land cover change and watershed urbanization in the lakeside counties of the Kenyan Lake victoria basin using remote sensing and GIS techniques. *Advances in Science Technology and Engineering Systems Journal*, 6(2), 671-688.
- Palafox-Juárez, E., López-Martínez, J., Hernández-Stefanoni, J. & Hernández-Núñez, H. (2021). Impact of urban land-cover changes on the spatial-temporal land surface temperature in a tropical city of Mexico. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 10(2), 76.
- Park, C., Ha, J. & Lee, S. (2017). Association between three-dimensional built environment and urban air temperature: Seasonal and temporal differences. *Sustainability*, 9(8), 1338.
- Parvin, G. & Ahsan, SM. (2013). Impacts of climate change on food security of rural poor women in Bangladesh. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 24(6), 802-814.
- Patino, J. & Duque, J. (2013). A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. *Computers Environment and Urban Systems*, 37, 1-17.
- Patle, G. & Libang, A. (2014). Trend analysis of annual and seasonal rainfall to climate variability in north-east region of India. *Journal of Applied and Natural Science*, 6(2), 480-483.
- Patz, JA., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T. & Foley, JA. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438, 310-317.
- Paul, P., Aithal, P., Bhuimali, A., Tiwary, K., Saavedra, R. & Aremu, B. (2020). Geo information systems & remote sensing: applications in environmental systems & management. *International Journal of Management Technology and Social Sciences*, 11-18.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *The Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.
- Peng, J., Dan, Y., Qiao, R., Liu, Y., Dong, J. & Wu, J. (2021). How to quantify the cooling effect of urban parks? Linking maximum and accumulation perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 252, 112135.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottlé, C., Bréon, F., ... & Myneni, R. (2011). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 696-703.
- Perera, F. (2017). Multiple threats to child health from fossil fuel combustion: impacts of air pollution and climate change. *Environmental Health Perspectives*, 125(2), 141-148.

- Pérez-Escamilla, R. & Moran, V. (2022). Maternal and child nutrition must be at the heart of the climate change agendas. *Maternal and Child Nutrition*, 19(1).
- Perry, JCR. & Lautenschlager, LF. (1984). Functional equivalence of spectral vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 14(1-3), 169-182.
- Petrass, LA., Twomey, DM., Harvey, JT., Otago, L. & LeRossignol, P. (2015). Comparison of surface temperatures of different synthetic turf systems and natural grass: Have advances in synthetic turf technology made a difference. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 229(1), 10-16.
- Philipsborn, R. & Chan, K. (2018). Climate change and global child health. *Pediatrics*, 141(6), e20173774.
- Piao, S., Wang, X., Park, T., Chen, C., Lian, X., He, Y., ... & Myneni, R. (2019). Characteristics, drivers and feedbacks of global greening. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 14-27.
- Pierer, C. & Creutzig, F. (2019). Star-shaped cities alleviate trade-off between climate change mitigation and adaptation. *Environmental Research Letters*, 14(8), 085011.
- Pramanik, S. & Punia, M. (2019). Assessment of green space cooling effects in dense urban landscape: A case study of Delhi, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5, 867-884.
- Pratiwi, S. (2018). A review of material cover features for mitigating urban heat island. *International Journal on Livable Space*, 3(2), 71-80.
- Prayudha, W., Pradnyapasa, D. & Nurhasana, R. (2022). Urban configuration of thamin city buildings in Jakarta. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1108(1), 012062.
- Price, A., Jones, E. & Jefferson, F. (2015). Vertical greenery systems as a strategy in urban heat island mitigation. *Water Air & Soil Pollution*, 226(8), 247.
- QGIS Development Team (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org> (Erişim tarihi 07.04.2024).
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, AR., Kerr, YH. & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119-126.
- Qin, Q., Wu, Z., Zhang, T., Sagan, V., Zhang, Z., Zhang, Y., ... & Zhao, C. (2021). Optical and thermal remote sensing for monitoring agricultural drought. *Remote Sensing*, 13(24), 5092.
- Qin, Z., Karnieli, A. & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-3746.
- Qiu, K. & Jia, B. (2020). The roles of landscape both inside the park and the surroundings in park cooling effect. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101864.

- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org> (Erişim tarihi: 09.04.2024).
- R Studio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com> (Erişim tarihi: 17.05.2020).
- Rahman, MA., Stratopoulos, LM., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, KH., Rötzer, T., ... & Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*, 170, 106606.
- Ramadhan, M. & Buchori, I. (2019). Surface Temperature Changes as the Impact of Industrial Development Along the Northern-Coastal Road (Pantura) of Semarang City. 1. International Conference on Environment and Sustainability Issues, 18-19 July, Semarang, Central Java, Indonesia.
- Ranagalage, M., Dissanayake, DMSLB., Murayama, Y., Zhang, X., Estoque, RC., Perera, ENC. & Morimoto, T. (2018). Quantifying surface urban heat island formation in the world heritage tropical mountain city of Sri Lanka. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 7(9), 341.
- Ranjitkar, S., Sujakhu, N., Merz, J., Kindt, R., Xu, J., Matin, M., ... & Zomer, R. (2016). Suitability analysis and projected climate change impact on banana and coffee production zones in Nepal. *Plos One*, 11(9), e0163916.
- Rao, PK. (1972). Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53, 647-648.
- Rath, B., Young, E., Harris, A., Perrin, K., Bronfin, D., Ratard, R., ... & Magnus, M. (2011). Adverse respiratory symptoms and environmental exposures among children and adolescents following Hurricane Katrina. *Public Health Reports*, 126(6), 853-860.
- Reiners, P., Sobrino, J. & Kuenzer, C. (2023). Satellite-derived land surface temperature dynamics in the context of global change-a review. *Remote Sensing*, 15(7), 1857.
- Ren, G., Zhou, Y., Chu, Z., Zhou, J., Zhang, A., Guo, J., ... & Liu, X. (2008). Urbanization effects on observed surface air temperature trends in north china. *Journal of Climate*, 21(6), 1333-1348.
- Ren, J., Zhang, W., Yunxia, W. & Chen, Y. (2017). Advances in the research of yunnan's arid climate and extreme drought. *Atmospheric and Climate Sciences*, 7(1), 23-35.
- Ren, Z., He, X., Zheng, H., Zhang, D., Yu, X., Shen, G. & Guo, R. (2013). Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. *Forests*, 4(4), 868-886.
- Renard, F., Alonso, L., Fitts, Y., Hadjiosif, A. & Comby, J. (2019). Evaluation of the effect of urban redevelopment on surface urban heat islands. *Remote Sensing*, 11(3), 299.

- Rizwan, AM., Dennis, LYC. & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.
- Roberts, T., Rahn, K., Dougherty, M. & LeBleu, C. (2021). Effects of pervious concrete thickness on leachate water temperature during simulated rain events. *EPiC Series in Built Environment*, 2, 644-652.
- Roeger, A. & Tavares, AF. (2021). Water Safety Plans and Climate Change Mitigation. In *Partnerships for the Goals* (pp. 1341-1351). Cham: Springer International Publishing.
- Rongali, G., Keshari, AK., Gosain, AK. & Khosa, R. (2018). A mono-window algorithm for land surface temperature estimation from Landsat 8 thermal infrared sensor data: A case study of the Beas River Basin, India, *Pertanika. Journal of Science and Technology*, 26(2), 829-840.
- Roser-Renouf, C., Maibach, E. & Li, J. (2016). Adapting to the changing climate: an assessment of local health department preparations for climate change-related health threats, 2008-2012. *Plos One*, 11(3), e0151558.
- Roth, M. (2013). Urban heat islands. In: Fernando HJ, editor. *Handbook of environmental fluid dynamics* edited by HJS Fernando. Boca Raton, Fla: Taylor and Francis.
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y. & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
- Rusnaedy, Z., Haris, A., Congge, U. & Prianto, AL. (2021). Adaptive climate change governance in Makassar, Indonesia. *Journal of Governance*, 6(2), 244-258.
- Saber, HH., Maref, W. & Hajiah, AE. (2019). Hygrothermal performance of cool roofs subjected to Saudi climates. *Frontiers in Energy Research*, 7, 39.
- Sachindra, DA., Ng, AWM., Muthukumaran, S. & Perera, BJC. (2016). Impact of climate change on urban heat island effect and extreme temperatures: A case-study. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142(694), 172-186.
- Salma, J., Ali, S., Tilstra, M., Tiwari, I., Nielsen, C., Whitfield, K., ... & Yamamoto, S. (2022). Listening to older adults' perspectives on climate change: Focus group study. *International Health Trends and Perspectives*, 2(3), 1-15.
- Sam, SC. & Balasubramanian, G. (2023). Spatiotemporal detection of land use/land cover changes and land surface temperature using Landsat and MODIS data across the coastal Kanyakumari district, India. *Geodesy and Geodynamics*, 14(2), 172-181.
- Sanad, A., Kusratmoko, E. & Wibowo, A. (2022). Urban heat island phenomenon in Majalengka regency. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1089(1), 012024.
- Santamouris, M. (2014). On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings. *Energy and Buildings*, 82, 100-113.

- Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A. & Kolokotsa, D. (2015). On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings-a review. *Energy and Buildings*, 98, 119-124.
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A. & Assimakopoulos, DN. (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3), 201-216.
- Sarı, EN. & Yılmaz, S. (2023). Farklı konut dokularının hava kirliliği yoğunluğu üzerindeki etkisi: Erzurum örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 75-81.
- Sattari, F., Hashim, M. & Pour, AB. (2018). Thermal sharpening of land surface temperature maps based on the impervious surface index with the TsHARP method to ASTER satellite data: A case study from the metropolitan Kuala Lumpur, Malaysia. *Measurement*, 125, 262-278.
- Schlenker, W. & Roberts, M. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to u.s. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15594-15598.
- Sekertekin, A. (2019). Validation of physical radiative transfer equation-based land surface temperature using Landsat 8 satellite imagery and SURFRAD in-situ measurements. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 196, 105161.
- Sekertekin, A. & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Ecological Indicators*, 122, 107230.
- Shah, M., Ehsan, M., Abbas, A., Ahmed, A. & Jamjareegulgarn, P. (2021). Possible thermal anomalies associated with global terrestrial earthquakes during 2000-2019 based on MODIS-LST. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1-5.
- Shah, A., Garg, A. & Mishra, V. (2021). Quantifying the local cooling effects of urban green spaces: Evidence from Bengaluru, India. *Landscape and Urban Planning*, 209, 104043.
- Shaker, RR. & Drezner, TD. (2010). A new technique for predicting the sky-view factor for urban heat island assessment. *Geographical Bulletin*, 51(2), 85-96.
- Shaker, RR., Altman, Y., Deng, C., Vaz, E. & Forsythe, KW. (2019). Investigating urban heat island through spatial analysis of New York City streetscapes. *Journal of Cleaner Production*, 233, 972-992.
- Shannon, CE. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Shapiro, SS. & Wilk, MB. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, 591-611.
- Sharma, A., Conry, P., Fernando, H., Hamlet, A., Hellmann, J. & Chen, F. (2016). Green and cool roofs to mitigate urban heat island effects in the Chicago metropolitan area: Evaluation with a regional climate model. *Environmental Research Letters*, 11(6), 064004.

- Sharma, R., Hooyberghs, H., Lauwaet, D. & De Ridder, K. (2019). Urban heat island and future climate change-implications for Delhi's heat. *Journal of Urban Health*, 96, 235-251.
- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M. & Bhattacharya, P. (2021). Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida city using geospatial technology. *Urban Climate*, 35, 100751.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Erell, E. (2009). The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 179-186.
- Shea, K. (2007). Global climate change and children's health. *Pediatrics*, 120(5), 1359-1367.
- Shen, X., Wang, Y. & Liu, B. (2023). Editorial: Vegetation phenology and response to climate change. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1-3.
- Shepherd, J. (2005). A review of current investigations of urban-induced rainfall and recommendations for the future. *Earth Interactions*, 9(12), 1-27.
- Shi, C., Zhan, J., Yuan, Y., Wu, F. & Li, Z. (2015). Land use zoning for conserving ecosystem services under the impact of climate change: A case study in the middle reaches of the Heihe river basin. *Advances in Meteorology*, 2015, 1-13.
- Shi, L., Ling, F., Foody, G., Yang, Z., Liu, X. & Du, Y. (2021). Seasonal SUHI analysis using local climate zone classification: A case study of Wuhan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7242.
- Shirazy, A., Ziaii, M., Hezarkhani, A. & Timkin, T. (2020). Geostatistical and remote sensing studies to identify high metallogenic potential regions in the kivi area of Iran. *Minerals*, 10(10), 869.
- Shukla, A. & Jain, K. (2021). Analyzing the impact of changing landscape pattern and dynamics on land surface temperature in Lucknow city, India. *Urban Forestry & Urban Greening*, 58, 126877.
- Silva, AMP. (2017). Analysis of the urban heat island in representative points of the city of Bayeux/PB. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7(6), 345-356.
- Singh, S. (2019). Climate change and agriculture in Ethiopia: A case study of Mettu Woreda. *Socioeconomic Challenges*, 3(3), 61-79.
- Singh, S., Mittal, N., Singh, H. & Oliva, D. (2023). Improving the segmentation of digital images by using a modified Otsu's between-class variance. *Multimedia Tools and Applications*, 82(26), 40701-40743.
- Skarbit, N., Stewart, I., Unger, J. & Gál, T. (2017). Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the local climate zone of Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 582-596.
- Skelhorn, C., Lindley, S. & Levermore, G. (2014). The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 121, 129-140.

- Smargiassi, A., Goldberg, M., Plante, C., Fournier, M., Baudouin, Y. & Kosatsky, T. (2009). Variation of daily warm season mortality as a function of micro-urban heat islands. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(8), 659-664.
- Smith, P. & Olesen, J. (2010). Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *The Journal of Agricultural Science*, 148(5), 543-552.
- Solangi, G., Siyal, A. & Siyal, P. (2019). Spatiotemporal dynamics of land surface temperature and its impact on the vegetation. *Civil Engineering Journal*, 5(8), 1753-1763.
- Solomon, S., Plattner, G., Knutti, R. & Friedlingstein, P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(6), 1704-1709.
- Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C. & Zerbe, S. (2020). The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling. *Landscape and Urban Planning*, 197, 103748.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H., Gollin, D., ... & Scarborough, P. (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study. *The Lancet*, 387(10031), 1937-1946.
- Stanley, C., Helletsgruber, C. & Hof, A. (2019). Mutual influences of urban microclimate and urban trees: An investigation of phenology and cooling capacity. *Forests*, 10(7), 533.
- Stewart, ID. & Oke, TR. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.
- Storch, H. & Bray, D. (2017). Models, manifestation and attribution of climate change. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5(1), 47-52.
- Středová, H., Chuchma, F., Rožnovský, J. & Středa, T. (2021). Local climate zones, land surface temperature and air temperature interactions: Case study of Hradec Králové, the Czech Republic. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 10(10), 704.
- Strengers, B., Müller, C., Schaeffer, M., Haarsma, R., Severijns, C., Gerten, D., ... & Oostenrijk, R. (2010). Assessing 20th century climate-vegetation feedbacks of land-use change and natural vegetation dynamics in a fully coupled vegetation-climate model. *International Journal of Climatology*, 30(13), 2055-2065.
- Streutker, DR. (2002). A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2595-2608.
- Stuerz, S. & Asch, F. (2019). Responses of rice growth to day and night temperature and relative air humidity-dry matter, leaf area, and partitioning. *Plants*, 8(11), 521.
- Stupariu, MS., Cushman, SA., Pleșoianu, AI., Pătru-Stupariu, I. & Fuerst, C. (2022). Machine learning in landscape ecological analysis: A review of recent approaches. *Landscape Ecology*, 37(5), 1227-1250.

- Suggitt, A., Lister, D. & Thomas, C. (2019). Widespread effects of climate change on local plant diversity. *Current Biology*, 29(17), 2905-2911.
- Sui, H., Liu, C., Ye, C., Xu, X. & Sui, T. (2023). Analysis of ecosystem resilience in Jiuzhaigou Valley Scenic Area under the effect of geohazards. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1053327.
- Sun, R. & Chen, L. (2012). How can urban water bodies be designed for climate adaptation? *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 27-33.
- Sun, R., Chen, A., Chen, L. & Lu, Y. (2012). Cooling effects of wetlands in an urban region: The case of Beijing. *Ecological Indicators*, 20, 57-64.
- Svensson, MK. (2002). Urban climate in relation to land use, planning and comfort. Department of Physical Geography Göteborg.
- Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2), 99-103.
- Tan, J., Zheng, Y., Song, G., Kalkstein, L., Kalkstein, A. & Tang, X. (2006). Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *International Journal of Biometeorology*, 51(3), 193-200.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G. & Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54(1), 75-84.
- Tan, X., Sun, X., Huang, C., Yuan, Y. & Hou, D. (2021). Comparison of cooling effect between green space and water body. *Sustainable Cities and Society*, 67, 102711.
- Tang, C. (2022). A study of the urban heat island effect in Guangzhou. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1087(1), 012015.
- Tang, H. & Li, ZL. (2014). Quantitative remote sensing in thermal infrared: Theory and applications. Springer, New York, USA, 281pp.
- Tang, Y., Hou, C., He, Y., Wang, Y., Chen, Y. & Rui, Z. (2021). Review on pore structure characterization and microscopic flow mechanism of CO₂ flooding in porous media. *Energy Technology*, 9(1), 2000787.
- Tang, Z., Ren, Z., Zheng, H. & He, XY. (2017). Cooling effects of urban forest community structure. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 28(9), 2823-2830.
- Tanu, M., Amponsah, W., Yahaya, B., Bessah, E., Ansah, SO., Wemegah, CS. & Agyare, WA. (2021). Evaluation of global solar radiation, cloudiness index and sky view factor as potential indicators of Ghana's solar energy resource. *Scientific African*, 14, e01061.
- Tarawneh, R. (2021). The role of Jordanian agricultural policies in climate change responding affecting agricultural production. *Journal of Agricultural Science*, 13(6), 90.
- The Jamovi Project (2022). jamovi (Version 2.3). <https://www.jamovi.org> (Erişim tarihi: 09.10.2022).

- The New Economy (2024). <https://www.theneweconomy.com/technology/demand-for-flir-thermal-imaging-technology-sees-prices-drop> (Erişim tarihi:10.04.2024).
- Thomas, A., Elliott, D., Dougill, A., Stringer, L., Hoon, S. & Sen, R. (2018). The influence of trees, shrubs, and grasses on microclimate, soil carbon, nitrogen, and CO₂ efflux: Potential implications of shrub encroachment for Kalahari rangelands. *Land Degradation and Development*, 29(5), 1306-1316.
- Tingley, M., Darling, E. & Wilcove, D. (2014). Fine- and coarse-filter conservation strategies in a time of climate change. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1322(1), 92-109.
- Tomlinson, CJ., Chapman, L., Thornes, JE. & Baker, CJ. (2012). Derivation of Birmingham's summer surface urban heat island from MODIS satellite images. *International Journal of Climatology*, 32(2), 214-224.
- Tomlinson, CJ., Chapman, L., Thornes, JE. & Baker, CJ. (2011). Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. *Meteorological Applications*, 18(3), 296-306.
- Tóth, Z., Táncsics, A., Kriszt, B., Kröel-Dulay, G., Ónodi, G. & Hornung, E. (2017). Extreme effects of drought on composition of the soil bacterial community and decomposition of plant tissue. *European Journal of Soil Science*, 68(4), 504-513.
- Tramex (2024). Infrared surface thermometer. <https://tramexmeters.com/infrared-surface-thermometer> (Erişim tarihi: 18.03.2024).
- Tucker, CJ. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Turner, W., Bradley, B., Estes, L., Hole, D., Oppenheimer, M. & Wilcove, D. (2010). Climate change: helping nature survive the human response. *Conservation Letters*, 3(5), 304-312.
- Türkeş, M., Sümer, UM. & Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- UCSD (2024). The Keeling Curve. <https://keelingcurve.ucsd.edu> (Erişim tarihi: 24.05.2024).
- Urban, MC. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571-573.
- Ünal, YS., Sonuç, CY., Incecik, S., Topcu, HS., Diren-Üstün, DH. & Temizöz, HP. (2020). Investigating urban heat island intensity in Istanbul. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(1), 175-190.
- Van Der Hoeven, F. & Wandl, A. (2015). Amsterwarm: Mapping the land use, health and energy-efficiency implications of the Amsterdam urban heat island. *Building Services Engineering Research and Technology*, 36(1), 67-88.

- Vandamme, S., Demuzere, M., Verdonck, M., Zhang, Z. & Coillie, F. (2019). Revealing Kunming's (China) historical urban planning policies through local climate zones. *Remote Sensing*, 11(14), 1731.
- Vanos, JK., Baldwin, JW., Jay, O. & Ebi, KL. (2020). Simplicity lacks robustness when projecting heat-health outcomes in a changing climate. *Nature Communications*, 11(1), 1-5.
- Vasilyeva, A., Kiseleva, E. & Solntsev, A. (2018). Problematics of Regulation of Voluntary Migration of Persons Displaced as a Result of Adverse Consequences of Climate Change within the UNFCCC Regime. 2. International Conference on Education Science and Economic Management, 25-26 August, Xiamen, China.
- Velde, M., Tubiello, F., Vrieling, A. & Bouraoui, F. (2011). Impacts of extreme weather on wheat and maize in france: Evaluating regional crop simulations against observed data. *Climatic Change*, 113(3-4), 751-765.
- Venhari, AA., Tenpierik, M. & Taleghani, M. (2019). The role of sky view factor and urban street greenery in human thermal comfort and heat stress in a desert climate. *Journal of Arid Environments*, 166, 68-76.
- Vidrih, B. & Medved, S. (2013). Multiparametric model of urban park cooling island. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(2), 220-229.
- Villacañas, V., Sánchez-Sánchez, J., García-Unanue, J., López, J. & Gallardo, L. (2016). The influence of various types of artificial turfs on football fields and their effects on the thermal profile of surfaces. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part P Journal of Sports Engineering and Technology*, 231(1), 21-32.
- Vogel, J. & Afshari, A. (2020). Comparison of urban heat island intensity estimation methods using urbanized WRF in Berlin, Germany. *Atmosphere*, 11(12), 1338.
- Voogt, JA. & Oke, TR. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370-384.
- Walle, J., Brousse, O., Arnalsteen, L., Byarugaba, D., Ddumba, D., Demuzere, M., ... & Lipzig, N. (2021). Can local fieldwork help to represent intra-urban variability of canopy parameters relevant for tropical African climate studies? *Theoretical and Applied Climatology*, 146(1-2), 457-474.
- Wang, J., Feng, J., Yan, Z. & Chen, Y. (2020). Future risks of unprecedented compound heat waves over three vast urban agglomerations in China. *Earth's Future*, 8(12), e2020EF001716.
- Wang, M., Zhang, Z., Hu, T. & Liu, X. (2019). A practical single-channel algorithm for land surface temperature retrieval: application to Landsat series data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(1), 299-316.
- Wang, Y., Lu, M. & Feng, P. (2022). Research on road extraction algorithm based on improved Otsu's thresholding method. *Journal of Physics Conference Series*, 2364(1), 012064.

- Wang, P., Wang, T., Li, J., Li, Z., Teng, M. & Gao, Y. (2020). Using vegetation indices to characterize vegetation cover change in the urban areas of Southern China. *Sustainability*, 12(22), 9403.
- Wang, R., Gao, W. & Peng, W. (2020). Downscale MODIS land surface temperature based on three different models to analyze surface urban heat island: A case study of Hangzhou. *Remote Sensing*, 12(13), 2134.
- Wang, R. & Murayama, Y. (2020). Geo-simulation of land use/cover scenarios and impacts on land surface temperature in Sapporo, Japan. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102432.
- Wang, X., Cheng, H., Xi, J., Yang, G. & Zhao, Y. (2018). Relationship between park composition, vegetation characteristics and cool island effect. *Sustainability*, 10(3), 587.
- Wang, X., Dallimer, M., Scott, C. E., Shi, W. & Gao, J. (2021). Tree species richness and diversity predicts the magnitude of urban heat island mitigation effects of greenspaces. *Science of the Total Environment*, 770, 145211.
- Wang, X., Pang, G. & Yang, M. (2017). Precipitation over the Tibetan plateau during recent decades: A review based on observations and simulations. *International Journal of Climatology*, 38(3), 1116-1131.
- Wang, Y. & Akbari, H. (2014). Effect of sky view factor on outdoor temperature and comfort in Montreal. *Environmental Engineering Science*, 31(6), 272-287.
- Wang, Y., Zhan, Q. & Ouyang, W. (2017). Impact of urban climate landscape patterns on land surface temperature in Wuhan, China. *Sustainability*, 9(10), 1700.
- Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B. & Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Science of the Total Environment*, 569, 527-539.
- Waskom, ML. (2021). Seaborn: Statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3021.
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., ... & Montgomery, H. (2019). The 2019 report of the Lancet countdown on health and climate change: Ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394(10211), 1836-1878.
- Wei, J., Li, H., Wang, Y. & Xu, X. (2021). The cooling and humidifying effects and the thresholds of plant community structure parameters in urban aggregated green infrastructure. *Forests*, 12(2), 111.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 335-344.
- Williams, D., Rosendo, S., Sadasing, O. & Celliers, L. (2020). Identifying local governance capacity needs for implementing climate change adaptation in Mauritius. *Climate Policy*, 20(5), 548-562.
- Wong, NH. & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International*, 29(3), 547-558.

- Wu, X., Wang, G., Yao, R., Wang, L., Yu, D. & Gui, X. (2019). Investigating surface urban heat islands in South America based on MODIS data from 2003-2016. *Remote Sensing*, 11(10), 1212.
- Wu, Z. & Zhang, Y. (2018). Spatial variation of urban thermal environment and its relation to green space patterns: Implication to sustainable landscape planning. *Sustainability*, 10(7), 2249.
- WUDAPT (2024). LCZ maps - World Urban Database. <https://www.wudapt.org/lcz-maps> (Erişim Tarihi: 30.04.2024).
- Xian, G., Shi, H., Zhou, Q., Auch, R., Gallo, K., Wu, Z. & Kolian, M. (2022). Monitoring and characterizing multi-decadal variations of urban thermal condition using time-series thermal remote sensing and dynamic land cover data. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112803.
- Xiang, T., Xia, G. & Zhang, L. (2019). Mini-unmanned aerial vehicle-based remote sensing: Techniques, applications, and prospects. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(3), 29-63.
- Xu, C. & Zhang, Y. (2017). Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China. *Sustainable Cities and Society*, 32, 87-99.
- Xu, R., Liu, J. & Xu, J. (2018). Extraction of high-precision urban impervious surfaces from Sentinel-2 multispectral imagery via modified linear spectral mixture analysis. *Sensors*, 18(9), 2873.
- Xu, D., Gao, J., Lin, W. & Zhou, W. (2021). Differences in the ecological impact of climate change and urbanization. *Urban Climate*, 38, 100891.
- Xu, X., Qiu, W., Li, W., Huang, D., Li, X. & Yang, S. (2022). Comparing satellite image and gis data classified local climate zones to assess urban heat island: A case study of Guangzhou. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1029445.
- Xu, Z., Sheffield, P., Hu, W., Su, H., Yu, W., Xin, Q., ... & Tong, S. (2012). Climate change and children's health-a call for research on what works to protect children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(9), 3298-3316.
- Yaghoobian, N., Kleissl, J. & Krayenhoff, E. (2010). Modeling the thermal effects of artificial turf on the urban environment. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(3), 332-345.
- Yan, H., Wu, F. & Dong, L. (2018). Influence of a large urban park on the local urban thermal environment. *Science of the Total Environment*, 622, 882-891.
- Yan, WY., van Ewijk, K., Treitz, P. & Shaker, A. (2020). Effects of radiometric correction on cover type and spatial resolution for modeling plot level forest attributes using multispectral airborne LiDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 169, 152-165.
- Yang, H., Xi, C., Zhao, X., Mao, P., Wang, Z., Shi, Y., ... & Li, Z. (2020). Measuring the urban land surface temperature variations under Zhengzhou city expansion using Landsat-like data. *Remote Sensing*, 12(5), 801.

- Yang, J., Sun, J., Ge, Q. & Li, X. (2017). Assessing the impacts of urbanization-associated green space on urban land surface temperature: A case study of Dalian, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 1-10.
- Yang, J., Alahmadi, K. & Shirowzhan, S. (2021). The impact of urban expansion in Beijing and metropolitan area urban heat island from 1999 to 2019. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 7(2), 581-600.
- Yang, P., Ren, G. & Liu, W. (2013). Spatial and temporal characteristics of Beijing urban heat island intensity. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(8), 1803-1816.
- Yang, R., Yang, J., Wang, L., Xiao, X. & Xia, J. (2022). Contribution of local climate zones to the thermal environment and energy demand. *Frontiers in Public Health*, 10, 992050.
- Yang, X., Li, Y., Luo, Z. & Chan, PW. (2017). The urban cool island phenomenon in a high-rise high-density city and its mechanisms. *International Journal of Climatology*, 37(2), 890-904.
- Yao, F., Qin, P., Zhang, J., Lin, E. & Boken, V. (2011). Uncertainties in assessing the effect of climate change on agriculture using model simulation and uncertainty processing methods. *Chinese Science Bulletin*, 56(8), 729-737.
- Yao, X., Yu, K., Zeng, X., Lin, Y., Ye, B., Shen, X. & Liu, J. (2022). How can urban parks be planned to mitigate urban heat island effect in “Furnace cities”? An accumulation perspective. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129852.
- Yavaş, M. & Yılmaz, S. (2019). Soğuk iklim bölgesinde kentsel mikro iklimin değerlendirilmesi: Erzurum kentsel dönüşüm alanı örneği. *Artium*, 7(2), 103-114.
- Yavaşlı, DD. (2019). Coğrafyada uzaktan algılama. Kriter Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 272s.
- Yılmaz, S., Toy, S., Irmak, MA. & Yılmaz, H. (2007). Determination of climatic differences in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment*, 42(4), 1604-1612.
- Yılmaz, S., Külekçi, EA., Mutlu, BE. & Sezen, I. (2021). Analysis of winter thermal comfort conditions: street scenarios using ENVI-met model. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 63837-63859.
- Yong, M. & Lim, KH. (2020). Urban heat islands: Beating the heat with multi-modal spatial analysis. IEEE International Conference on Big Data, 10-13 December, Atlanta, Georgia, USA.
- Yu, X., Guo, X. & Wu, Z. (2014). Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS - Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Remote Sensing*, 6(10), 9829-9852.
- Yusof, N., Hussain, N. & Rusli, N. (2019). Analysing street heritage trees surface temperature for UHI mitigation using remote sensing and GIS application. *Malaysian Journal of Sustainable Environment*, 6(2), 77.

- Yüksel, ÜD. & Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 937-952.
- Yüksel, M. & Yeşil, M. (2017). Kent ve yaşam (Ordu kenti örneği). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 679-693.
- Yüksel, AT. & Hepcan, ÇC. (2023). Kentsel yüzey sıcaklığı ve mavi-yeşil altyapı ilişkisi: Karşıyaka örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 91-98.
- Zha, Y., Gao, J. & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 583-594.
- Zhan, Q., Meng, F. & Xiao, Y. (2015). Exploring the relationships of between land surface temperature, ground coverage ratio and building volume density in an urbanized environment. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-7/W3, 255-260.
- Zhan, W., Liu, Z., Bechtel, B., Li, J., Lai, J., Fu, H., ... & Chen, Y. (2022). Urban-rural gradient in urban heat island variations responsive to large-scale human activity changes during Chinese new year holiday. *Geophysical Research Letters*, 49(21), e2022GL100689.
- Zhang, B., Zhang, M. & Hong, D. (2021). Land surface temperature retrieval from Landsat 8 OLI/TIRS images based on back-propagation neural network. *Indoor and Built Environment*, 30(1), 22-38.
- Zhang, D. & Zhou, G. (2016). Estimation of soil moisture from optical and thermal remote sensing: A review. *Sensors*, 16(8), 1308.
- Zhang, D., Fu, M., & Du, C. (2012, June). Ecological Integrity Evaluation Based on Landscape Index. In 2012 2nd International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (pp. 1-6). IEEE.
- Zhang, H., Liu, B., Zhou, D., Wu, Z. & Wang, T. (2019). Asymmetric soil warming under global climate change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1504.
- Zhang, P., Imhoff, ML., Wolfe, RE. & Bounoua, L. (2010). Characterizing urban heat islands of global settlements using MODIS and nighttime lights products. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 36 (3), 185-196.
- Zhang, R. (2020). Cooling effect and control factors of common shrubs on the urban heat island effect in a southern city in China. *Scientific Reports*, 10(1), 17317.
- Zhang, R. & Zhao, Z. (2022). Giant trees exhibited great cooling effect in residential area southwest of China. *Forests*, 13(9), 1516.
- Zhang, XX., Wu, PF. & Chen, B. (2010). Relationship between vegetation greenness and urban heat island effect in Beijing city of China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1438-1450.

- Zhang, Y. & Meng, Q. (2019). A statistical analysis of TIR anomalies extracted by RSTs in relation to an earthquake in the Sichuan area using MODIS LST data. *Natural Hazards and Earth System Science*, 19(3), 535-549.
- Zhang, Y., Balzter, H., Liu, B. & Chen, Y. (2017). Analyzing the impacts of urbanization and seasonal variation on land surface temperature based on subpixel fractional covers using Landsat images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(4), 1344-1356.
- Zhang, Q., Zhou, D., Xu, D. & Rogora, A. (2022). Correlation between cooling effect of green space and surrounding urban spatial form: Evidence from 36 urban green spaces. *Building and Environment*, 222, 109375.
- Zhao, H., Zhang, H., Chen, M., Ye, X. & Min, M. (2018). Linking heat source-sink landscape patterns with analysis of urban heat islands: Study on the fast-growing Zhengzhou city in central China. *Remote Sensing*, 10(8), 1268.
- Zhao, L., Lee, X. & Schultz, N. (2017). A wedge strategy for mitigation of urban warming in future climate scenarios. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(14), 9067-9080.
- Zhao, Q. & Wentz, E. (2016). A MODIS/ASTER airborne simulator (master) imagery for urban heat island research. *Data*, 1(1), 7.
- Zhao, SH., Qin, QM., Zhang, F., Wang, Q., Yao, YJ., You, LHBC. & Yao, YJ. (2011). Research on using a mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Chinese satellite for environment and natural disaster monitoring (HJ-1B) data. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 31(6), 1552-1556.
- Zhao, Z., Sharifi, A., Dong, X., Shen, L. & He, B. (2021). Spatial variability and temporal heterogeneity of surface urban heat island patterns and the suitability of local climate zones for land surface temperature characterization. *Remote Sensing*, 13(21), 4338.
- Zheng, B., Tong, D., Li, M., Liu, F., Hong, C., Geng, G., ... & Zhang, Q. (2018). Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(19), 14095-14111.
- Zheng, Y., Ren, C., Xu, Y., Wang, R., Ho, J., Lau, K. & Ng, E. (2018). GIS-based mapping of Local Climate Zone in the high-density city of Hong Kong. *Urban Climate*, 24, 419-448.
- Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y. & Sobrino, JA. (2018). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), 48.
- Zhou, W., Huang, G. & Cadenasso, ML. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 54-63.
- Zhu, S., Guan, H., Bennett, J., Clay, R., Ewenz, C., Bengert, S., ... & Millington, AC. (2013). Influence of sky temperature distribution on sky view factor and its applications in urban heat island. *International Journal of Climatology*, 33(7), 1837-1843.

Zhu, W., Sun, J., Yang, C., Liu, M., Xu, X. & Ji, C. (2021). How to measure the urban park cooling island? A perspective of absolute and relative indicators using remote sensing and buffer analysis. *Remote Sensing*, 13(16), 3154.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mesut GÜZEL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Peyzaj Mimarlığı Bölümü
Mezuniyet Tarihi	10.07.2017
Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	21.08.2020
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Mezuniyet Yılı	2024
Yayınlar	
P. Yeşil & M. Güzel, The Assessment of Scenic Attractiveness on Coastal Ways: A Case Study of Persembe-Bolaman (Ordu-Turkey), Journal Of Environmental Engineering and Landscape Management, 2024, 1648-6897, 32, 2, 104-116. Yesil, M., Karabork, R. N., Ozkul, V. E., & Guzel, M. (2024). Analysing the relationship between spatial configuration and land use of the Ordu city with the space syntax approach. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 32(4), 305-316. M. Güzel & M. Yeşil, Ordu Kent Merkezindeki Açık-Yeşil Alanların Olası Deprem Afeti Durumunda Geçici Barınma İçin Kullanım Olanakları, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 2023, 2548-0170, 8, 165-182. E. G. Güzel, P. Yeşil & M. Güzel, Ordu Kent Mezarlıkları Örneğinde Kentsel Habitat Ağaçlarının Belirlenmesi, Akademik Ziraat Dergisi, 2023, 2147-6403, 12, 1, 63-76. B. Korkut, P. Yeşil & M. Güzel, Sosyal Medya Verileri Kullanılarak Ordu İlindeki Bazı Önemli Turizm Alanlarında Ziyaretçi Tercihlerinin Analizi, GSI Journals Serie A: Advancements İn Tourism Recreation And Sports Sciences, 2023, 2645-9116, 6, 2, 378-390. M. Yeşil & M. Güzel, Üniversite Yerleşkelerinde Gürültü Kirliliğinin Ölçülmesi: Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi Örneği, Kent Akademisi, 2023, 2146-9229, 16, 1, 164-180.	

- P. Yeşil, M. Güzel & Ş. Şengür, Effects Of Different Salt Concentrations On The Germination In Some Turfgrass Varieties Used In Landscape Applications, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2022, 2146-538x, 12, 4, 1036-1045.
- M. Güzel, E. G. Güzel & Ö. Atabeyoğlu, Ordu Kent Merkezi Kentsel Alan Değişimlerinin Yeniden Fotoğraflama Ve Fraktal Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 2022, 2148-2446, 10, 2, 1006-1023.
- P. Yeşil & M. Güzel, Giresun Kent Merkezi'nde Konut Fiyatlarına Etki Eden Yapısal Ve Çevresel Etkilerin Belirlenmesi, Akademik Ziraat Dergisi, 2021, 2147-6403, 10, 2, 305-316.
- M. Güzel & A. Ulus, Ordu Kent Merkezi Kamusal Yeşil Alanlarındaki Odunsu Bitkilerin Su Tüketimlerine Ve Ekolojik Tolerans Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi, Akademik Ziraat Dergisi, 2021, 2147-6403, 10, 1, 165-174.
- M. Güzel & M. Yeşil, Ordu Kent Merkezindeki Yaya Dostu Bölgelerin Yaya Çevre İndisi Kullanılarak Belirlenmesi, Kent Akademisi, 2021, 2146-9229, 14, 2, 468-481.
- P. Yeşil & M. Güzel, Ordu İli Altınordu İlçesindeki Cadde Ve Sokak Adlarının Peyzaj Terimleri Bağlamında Değerlendirilmesi, Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 2021, 2645-8942, 2, 131-146.
- P. Yeşil & M. Güzel, Ordu İli Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Değişiminin (1990-2018) Corine Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2021, 1308-6529, 25, 3, 492-498.
- M. Yeşil & M. Güzel, Ordu İli Asarkaya Kent Ormanı Ve Yoroz Kent Ormanı İle Çınarsuyu Tabiat Parkı Ve Ulugöl Tabiat Parkı'nın Rekreatif Potansiyel Yönünden Karşılaştırılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2021, 2146-538x, 11, 3, 975-987.
- M. Yeşil, P. Yeşil & M. Güzel, Ordu İli Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi, Kent Akademisi, 2021, 2146-9229, 14, 4, 1059-1073.
- M. Güzel & P. Yeşil, Ordu İlindeki Mahalle Adlarının Doğal Ve Kültürel Peyzaj Ögeleri Bağlamında İncelenmesi, Odü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (Odüsobiad), 2021, 1309-9302.
- M. Güzel & Ö. Atabeyoğlu, Peyzaj Mimarlığı Açısından Mekânsal Bellek Kavramı Olarak Hüzün Turizmi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 2021, 1302-0943, 23, 2, 477-492.
- M. Güzel & M. Yeşil, Rekreatif Alanlarında Ziyaretçi Tercihlerinin Sosyal Medya Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi: Ordu İli Örneği, Odü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (Odüsobiad), 2021, 1309-9302, 11, 2, 437-450.
- H. S. Çınar & M. Güzel, Investigation On Rational Use Of Water In A Palacegarden: A Case Of Dolmabahçe Palace (Mabeyn Garden), Fresenius Environmental Bulletin, 2020, 1018-4619, 29, 8, 6469-6478.
- M. Güzel, P. Yeşil & E. G. Güzel, Yapısal Ve Çevresel Faktörlerin Konut Fiyatlarına Etkisi: Ordu Kent Merkezi Örneği, Akademik Ziraat Dergisi, 2020, 2147-6403, 9, 1, 63-70.

- M. Yeşil & M. Güzel, Ordu Üniversitesi Öğrencilerinin Rekreatif Etkinlikleri, Akademik Perspektiften Tarım?A Bakış(251 - 278), Isbn: 978-605-70345-3-3: İksad Publications, Kitapta Bölüm.
- E. G. Güzel, P. Yeşil & M. Güzel, Kentsel Biyoçeşitliliğin Destekleyicisi: Habitat Ağaçları, Cumhuriyetimizin 100. Yılı Anısına Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık Ve Çevre(184 - 198), Isbn: 978-625-6454-02-6: Platanus Publishing, Kitapta Bölüm.
- E. Çilli, M. Yeşil & M. Güzel, Ulugöl Tabiat Parkı?Nın Fiziksel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi, Cumhuriyetimizin 100. Yılı Anısına Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık Ve Çevre(36 - 46), Isbn: 978-625-6454-02-6: Platanus Publishing, Kitapta Bölüm.
- P. Yeşil & M. Güzel, Bitki Örtüsündeki Zamansal Değişimin Modis Verileri Ve Google Earth Engine Platformu Kullanılarak Değerlendirilmesi: Karadeniz Bölgesi Örneği, Mimarlık Bilimlerinde Güncel Konular-2022(445 - 461), Isbn: 978-2-38236-494-9: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- M. Güzel & P. Yeşil, Sahil Yolları İçin Bir Görsel Kalite Değerlendirme Yaklaşımı Olarak Manzara Çekiciliği Skoru (Mçs) Yöntemi, Mimarlık Ve Tasarım Araştırma Ve Uygulama(99 - 123), Isbn: 978-2-38236-257-0: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- E. G. Güzel, M. Güzel & M. Yeşil, Kentsel Biyoçeşitliliğin Önemli Bir Bileşeni Olarak Biyotop Ağaçları: Ordu Kent Merkezi Kıyı Parkları Örneği, Peyzaj Araştırmaları-I(371 - 393), Isbn: 978-2-38236-175-7: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- E. G. Güzel, M. Güzel & P. Yeşil, Ordu Kent Merkezi Parklarının Erişilebilirliği: Tampon Ve Ağ Analizi Yöntemlerinin Kıyaslanması, Peyzaj Araştırmaları-I(395 - 407), Isbn: 978-2-38236-175-7: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- P. Yeşil & M. Güzel, Arazi Yüzey Sıcaklığı Ve Yapılı Çevre İlişkisi: Ordu Kent Merkezi Örneği, Peyzaj Araştırmaları-Iı(347 - 364), Isbn: 978-2-38236-293-8: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- M. Güzel & M. Yeşil, Bitki Örtüsündeki Mevsimsel Farklılaşmanın Ndvı Tabanlı Değerlendirilmesi: Fatsa-Ordu Örneği, Peyzaj Araştırmaları-Iı(365 - 379), Isbn: 978-2-38236-293-8: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- K. U. Yıldız, M. Güzel & P. Yeşil, Ayder Yaylası (Rize) Örneğinde Yapılaşma Baskısının Değerlendirilmesi, Peyzaj Araştırmaları-Iıı(75 - 84), Isbn: 978-2-38236-586-1: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- M. Güzel & M. Yeşil, Dış Mekân Rekreatif Aktivite Tercihlerinin Google Trends Verileri İle Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği, Peyzaj Araştırmaları-Iıı(205 - 226), Isbn: 978-2-38236-586-1: Livre De Lyon, Kitapta Bölüm.
- Ş. D. Yener & M. Güzel, Evaluation Of Besiktas Abbasaga Park Plants In The Context Of Ecological Tolerance Criteria, Researches In Landscape And Ornamental Plants, Isbn: 978-625-7958-27-1: Gece Publishing, Kitapta Bölüm.
- M. Güzel & M. Yeşil, Ordu-Altınordu İlçesi Arazi Örtüsü Değişimi (1990-2018), Tarihi Ve Kültürel Boyutlarıyla Ordu Iı(757 - 773), Isbn: 978-625-7351-19-5: Fenomen Yayıncılık, Kitapta Bölüm.
- M. Yeşil & M. Güzel, Yol Planlamasının Ekonomik Ve Sosyal Yapıya Etkileri: Ordu Kent Merkezi (D010 Karayolu) Örneği, Sözlü Sunum, IV. International Rural Areas And Ecology Congress Within The Framework Of

- Sustainable Development (Rudesu2023), 05 Ekim 2023, 06 Ekim 2023, 987 - 1002.
- B. Ö. Karaağaç, M. Yeşil & M. Güzel, Ordu Kenti Kıyı Parkları Yaya Ve Bisiklet Yolu Kullanıcılarının Paylaşılan Alanlardaki Etkileşimleri Üzerine Bir İnceleme, Sözlü Sunum, 11. Uluslararası Sürdürülebilir Gelişme Çerçevesinde Dağ ve Ekoloji Kongresi (MEDESU 2022), 20 Ekim 2022, 21 Ekim 2022, 322 - 331.
- M. Yeşil & M. Güzel, Üniversite Öğrencilerinin Rekreatif Etkinlikleri: Ordu Üniversitesi Örneği, Sözlü Sunum, Cumhuriyet Zirvesi 4. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 22 Ocak 2021, 24 Ocak 2021, 97 - 98.
- P. Yeşil & M. Güzel, Giresun Kalesi Ve Mesire Alanında Ziyaretçi Tercihlerinin Sosyal Medya Verileri Kullanılarak Belirlenmesi, Sözlü Sunum, 6. Uluslararası Mühendislik Mimarlık Ve Tasarım Kongresi, 17 Aralık 2020, 18 Aralık 2020.
- M. Güzel & M. Yeşil, Kıyı Parklarında Kullanıcı Tercih Ve Görüşlerinin Sosyal Medya Verileri Kapsamında İncelenmesi: Tayfun Gürsoy Parkı Örneği (Ordu), Sözlü Sunum, 4. Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi, 07 Aralık 2020, 09 Aralık 2020, 1, 505 - 514.
- M. Güzel & P. Yeşil, Ordu Kent Halkının Çevresel Duyarlılığı Üzerine Bir Araştırma, Sözlü Sunum, 4. Uluslararası Mimarlık Ve Tasarım Kongresi, 05 Aralık 2020, 06 Aralık 2020.